Postverlagsort Leipzig

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

UNTER MITWIRKUNG VON

A. BUTENANDT, BERLIN-DAHLEM · P. DEBYE, BERLIN-DAHLEM · F. K. DRESCHER-KADEN, GÖTTINGEN · H. v. FICKER, WIEN · R. GRAMMEL, STUTTGART

O. HAHN, BERLIN-DAHLEM · M. HARTMANN, BERLIN-DAHLEM · F. KÖGL, UTRECHT · M. v. LAUE, BERLIN · E. v. d. PAHLEN, POTSDAM

F. SAUERBRUCH, BERLIN · H. SPEMANN, FREIBURG I. BR. · H. STILLE, BERLIN · F. v. WETTSTEIN, BERLIN-DAHLEM

HERAUSGEGEBEN VON

FRITZ SÜFFERT

ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

UND

ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

HEFT 44 (SEITE 705—720) · 29. OKTOBER 1937 · 25. JAHRGANG

INHALT:

Fünfundzwanzig Jahre Laue-Diagramm. Mit einer Zusammenstellung der heutigen Kenntnisse über Atomabstände in Kristallen. Von F. LAVES, Göttingen. (Mit 1 Figur) 705

Die Erforschung der Feinstruktur tierischer Gewebe mit Hilfe der Röntgenstrahleninterferenz-Methoden. Von FRANCIS O. SCHMITT, Saint Louis. (Mit 3 Figuren) 709

KURZE ORIGINALMITTEILUNGEN:

Ultrastrahlung und aktive Sonnenvorgänge. Von JOH. ZIRKLER, Lunz a. See (Österreich) 715

Monochromatische Sonnenbeobachtungen im Lichte der Heliumlinie 5876. Von M. WALDMEIER, Zürich 715

Das Wesen der Induktion bei der Kohlensäure-Assimilation grüner Algen. Von HANS GAFFRON, Berlin-Dahlem. (Mit 2 Figuren) 715

Fortsetzung des Inhaltsverzeichnisses siehe II. Umschlagseite!

Debyeflex

Röntgen-Feinstrukturapparat

in hochspannungs- u. strahlensicherer Ausführung

Aufnahmegeräte

nach

Sachs-Weerts

Schiebold

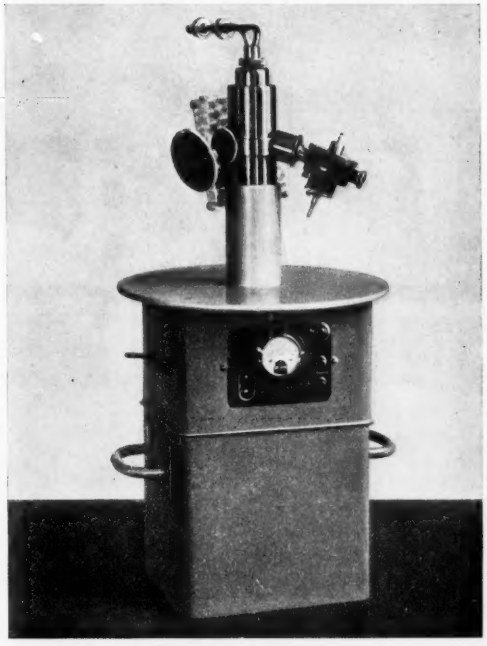
Petertil

Fordern Sie

Literatur und Angebote über unsere Apparate und Geräte an, die Ihnen kostenlos zur Verfügung stehen

Rich. Seifert & Co.

Hamburg 13



Debyeflex-Röntgengerät

Fortsetzung des Inhaltsverzeichnisses!

Über die Gitterkonstanten und die Raumgruppe von Durangit. Von P. Kokkoros (Athen), Tübingen 717
Konstitution der metallischen Phasen $NaZn_{13}$, KZn_{13} und KCd_{13}. Von E. Zintl und W. Haucke, Darmstadt 717
Besprechungen:
Jeffreys, Harold, Scientific Inference. Reissue with additions. (Ref.: E. Madelung) 717
Scheidt, W., Grundlagen einer neurologischen Psychologie. (Ref.: E. v. Skramlik) 718
Stumpff, Karl, Grundlagen und Methoden der Periodenforschung. (Ref.: J. Bartels) . . . 719
Brückner, Hermann, Die Biochemie des Tabaks und der Tabakverarbeitung mit besonderer Berücksichtigung der chemischen Qualitätsbestimmung. (Ref.: M. Kobel) 719

BEZUGSQUELLEN

METEOROLOGISCHE INSTRUMENTE

Wilh. Lambrecht, Göttingen

MIKROSKOPE

Otto Himmler, Berlin N 24, Oranienburger Str. 65

MIKROSKOPISCHE PRÄPARATE

J. D. Möller G. m. b. H., Wedel/Holstein

MIKROSKOPISCHE HILFSMITTEL

Bernhard Halle Nachf., Berlin-Steglitz, Hubertusstraße 11: Polarisations-Optik

MINERALIEN UND GESTEINE

Mineralien-Niederlage der Staatl. Sächs. Bergakademie Freiberg/Sa.

PHYSIKALISCHE APPARATE

Berliner Physikalische Werkstätten G. m. b. H., Berlin W 35, Woyrschstr. 8. Telegrammadr. Physik

SPEKTRALAPPARATE

Bernhard Halle Nachf., Berlin-Steglitz, Hubertusstraße 11: Spektral-Optik für d. sichtb. u. U-V-Gebiet

Liesegang
Projektionsapparate und Episkope
Erhältlich in allen Ausführungen u. Preislagen
Ed. Liesegang, Düsseldorf
Postfach
Listen frei!

Ihren Feierabend opfern hunderttausende WHW.-Walter und -Helfer dem Dienst fürs Volk. Und was tust Du?

Die Interferenzen von Röntgen- und Elektronenstrahlen

Fünf Vorträge

von

M. v. Laue

Professor an der Universität Berlin

Mit 15 Abbildungen. 46 Seiten. 1935. RM 3.60

Diese Vorträge, gehalten auf Einladung des Institute for Advanced Study und der Universität in Princeton, N. J., behandeln die neuesten Ergebnisse auf dem Gebiete der Röntgen- und Elektronen-Strahl-Interferenzen. Der Verfasser gibt eine Übersicht über die neuere Entwicklung, die die Theorie der Röntgenstrahlinterferenzen genommen hat.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

25. Jahrgang | 29. Oktober 1937 | Heft 44

Fünfundzwanzig Jahre Laue-Diagramm.

Mit einer Zusammenstellung der heutigen Kenntnisse über Atomabstände in Kristallen[1].

Von F. Laves, Göttingen.

25 Jahre sind vergangen, seit M. v. Laue der Welt einen der schönsten Gedanken schenkte, die jemals ausgesprochen wurden. Ein Gedanke, der nicht nur den begeistert, dem es gegeben ist, Ehrfurcht vor der Formenschönheit reiner Erkenntnis zu empfinden, sondern der auch demjenigen Anerkennung abzwingt, für den die Größe eines Gedankens erst durch einen sich in geschichtlicher Entwicklung zeigenden Erfolg meßbar wird.

Es ist natürlich im Rahmen eines kurzen Artikels nicht im entferntesten möglich, eine allen gerecht werdende Darstellung der befruchtenden Wirkung dieser Idee zu geben. Die Auswirkungen sind außerordentlich vielseitiger Art. Eines der Hauptziele blieb sicherlich seither die Ermittelung der Atomanordnung in den Kristallen. Um hier aber Aussagen möglichster Schärfe machen zu können, war viel Arbeit notwendig, die sich ganz allgemein lediglich mit der Physik des Interferenzvorganges von kurzwelligen Strahlen in Kristallen und damit zusammenhängenden Fragen befaßte.

Anfänge der Röntgeninterferenztheorien und Prinzip des Kristallbaues.

Beschränken wir uns im wesentlichen auf die Interferenz der Röntgenstrahlen. Bereits 1912 gab v. Laue eine theoretische Erklärung des Interferenzvorganges (kinematische Theorie) in der ersten, gemeinsam mit Friedrich und Knipping veröffentlichten grundlegenden Arbeit (1). v. Laue stellte sich den Vorgang folgendermaßen vor: Der einfallende Primärstrahl streicht über die einzelnen Atome des Kristalls hinweg, wodurch die Elektronen der Atome zu Schwingungen angeregt werden und dann ihrerseits Kugelwellen aussenden, die miteinander interferieren und dabei wegen der periodischen Anordnung der Atomzentren im Kristall in gewissen Richtungen sich verstärken und in den anderen sich vernichten. Die Richtungen, in denen Verstärkung eintritt, in denen man also Interferenzstrahlen beobachten kann, sind lediglich von den Dimensionen des dem Kristall zugrunde liegenden Elementarkörpers abhängig, d. h. eines kleinstmöglichen Körpers, der parallel in allen Richtungen des Raumes beliebig oft wiederholt den Kristall aufbaut. (Für viele Fälle ist es zweckmäßig, sich einen Kristall unbegrenzt vorzustellen.) Oder anders ausgedrückt, sie sind abhängig von den Bestimmungsgrößen des dem Kristalle zugrunde liegenden Translationsgitters (Tr.G.) (ein solches Tr.G. erhält man z. B., wenn man nur die Mittelpunkte der eben erwähnten Elementarkörper betrachtet). Es ist meist leicht, aus den Abbeugungswinkeln das einem Kristall zugrunde liegende Tr.G. zu berechnen.

Eine wesentliche Vereinfachung der Auswertung von Interferenzbildern wurde durch die von W. H. und W. L. Bragg (1913) (2) gegebene Interpretation des Interferenzvorganges, welche mathematisch mit der Laueschen völlig identisch, aber viel anschaulicher ist, erzielt. Bragg stellte sich vor, daß der einfallende Röntgenstrahl an den verschiedenen Netzebenen des Kristalls reflektiert wird. Unter „Netzebene" versteht man jede Ebene, die durch mindestens drei nicht auf einer

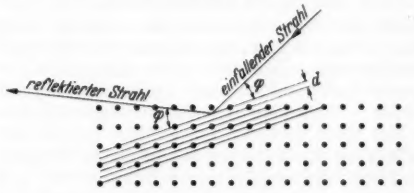


Fig. 1. Spuren von Netzebenen einer ⊥ zur Zeichenebene stehenden Netzebenenschar. d = Netzebenenabstand. φ = Glanzwinkel.

Geraden liegende Punkte eines Tr.G. geht (sie geht dann nämlich durch beliebig viele Punkte des Tr.G.), gleichgültig, ob sie als Begrenzungsfläche eines Kristalls auftritt oder nicht. Bedeutet nun n eine beliebige ganze Zahl und d den Abstand zur nächsten parallelen Netzebene und λ die Wellenlänge der benutzten Strahlung, so konnte Bragg zeigen, daß Interferenzstrahlen nur in den Richtungen beobachtet werden können, die der berühmten nach ihm genannten Beziehung genügen: $n\lambda = 2d \sin\varphi$, wo φ den sog. Glanzwinkel bedeutet (s. Fig. 1). Da die Netzebenenabstände in mathematisch ausdrückbaren Beziehungen mit den Bestimmungsgrößen des Tr.G. (a, b, c = Achsen; α, β, γ = Winkel zwischen den Achsen) stehen, lassen sich aus den gemessenen Winkeln φ die entsprechenden Netzebenenabstände und daraus a, b, c, α, β, γ des Tr.G. berechnen. Einen Kristall muß man sich nun im allgemeinen so vorstellen, daß mehrere Tr.G. der gleichen geometrischen Abmessungen parallel ineinandergesetzt sind. Jeder Gitterpunkt fällt mit dem Schwerpunkt eines Atoms zusammen, und zwar ist es meist so (mit Ausnahme besonders der Mischkristalle), daß sich

[1] Der Schriftleitung bin ich für die ehrenvolle Aufforderung, diesen Artikel zum 25jährigen Jubiläum der Laueschen Entdeckung zu verfassen, herzlich dankbar. F. L.

in den Punkten *eines* Tr.G. vorwiegend nur gleiche Atome befinden und daß in einem Kristall mehrere mit gleichen Atomen besetzte Tr.G. vorkommen, die dann oft zu einem sog. Gitterkomplex [NIGGLI, (1919) (3)] zusammengefaßt werden können. Verschiedene Atome befinden sich meist in den Punkten verschiedener Tr.G.- bzw. Gitterkomplexe.

Nach Ermittelung der Bestimmungsgrößen $a, b, c, \alpha, \beta, \gamma$ des dem Kristall zugrunde liegenden Tr.G. oder, wie man auch sagt, nach Ermittelung der Translationsgruppe, besteht die Aufgabe, die gegenseitige Orientierung der einzelnen ineinandergesetzten Tr.G. zu bestimmen, d. h. also die Atomanordnung festzulegen bzw. die Struktur des Kristalls zu bestimmen. Diese äußert sich nun in den Intensitäten der Reflexe. Es ist in den vergangenen 25 Jahren viel Arbeit darauf verwandt worden, experimentell und theoretisch die Gesetze, welche die Intensität der reflektierten Strahlen als Funktion der den Kristall aufbauenden Atome und deren gegenseitigen Anordnung darstellen, möglichst genau zu ermitteln. Man kann diese Gesetze in geometrisch-mathematische und physikalische unterteilen.

Ausbau der Strukturtheorie.

Betrachten wir zunächst die ersteren. Hier handelt es sich darum, festzustellen, wie man aus dem Auftreten und Fehlen (Schwächung bis zur Intensität Null) von Reflexen auf die dem Kristall zugrunde liegenden Symmetrieeigenschaften schließen kann, d. h. es handelt sich um die Ermittelung der Raumgruppe des Kristalls. 230 derartige Möglichkeiten gibt es, wie SCHOENFLIES und FEDOROW unabhängig voneinander etwa 20 Jahre vor der LAUEschen Entdeckung abgeleitet hatten.

Es war notwendig, die für die praktische Strukturbestimmung wichtigen Eigenschaften dieser 230 Raumgruppen zu erkennen (NIGGLI 1919) (3) und zu tabulieren. Es seien hier u. a. die Namen NIGGLI (1919), WYCKOFF (1922), ASTBURY und YARDLEY (1924), MARK und ROSBAUD (1926), K. HERRMANN (1928), BRANDENBERGER (1929) und SCHIEBOLD (1929) genannt. Als krönender Abschluß dieser Entwicklung kamen 1935 mit pekuniärer Unterstützung wissenschaftlicher Institutionen in England, Frankreich, Holland, USA. und Deutschland durch Zusammenarbeit namhafter Forscher des In- und Auslandes unter dem Ehrenvorsitz von W. H. BRAGG und M. v. LAUE und der Schriftleitung von C. HERMANN die „Internationalen Tabellen zur Bestimmung von Kristallstrukturen" (4) heraus. An dieser Stelle sei auch noch kurz auf theoretische Arbeiten von WEISSENBERG (1925/28), C. HERMANN (1928/29) und HEESCH (1929/30) hingewiesen, die sich mit speziellen Eigenschaften und der Ableitung der 230 Raumgruppen befassen. Eine gewisse Grenzstellung zwischen diesem Entwicklungszweig und den Ergebnissen der Kristallchemie nehmen in der Z. Krist. erschienene Arbeiten von NIGGLI (ab 1927) und seinen Schülern BRANDENBERGER (1931/32), LAVES (1930) und NOWACKI (ab 1932) ein, in welchen die Kristallstrukturen im Hinblick auf ihre topologisch-geometrischen Eigenschaften untersucht werden, um auf diese Weise einen Überblick zu gewinnen über die im Kristallreich bevorzugten Bauprinzipien.

Das reziproke Gitter.

A. Seine Bedeutung für die Geometrie der Kristalle. Als Übergang zur Behandlung der Entwicklung der mehr physikalischen Erkenntnisse sei hier der Einführung des reziproken Gitters in die Kristallstrukturlehre durch EWALD (1913) (5) gedacht. Eine Erweiterung erfolgte noch im gleichen Jahre durch M. v. LAUE (6). Mit Hilfe des reziproken Gitters ist es u. a. möglich, auf sehr anschauliche Weise unter Verwendung einer ebenfalls von EWALD erdachten Konstruktion, der sog. Ausbreitungskugel, die in einem Kristall möglichen Interferenzen zu überblicken. Man kann wohl sagen, daß es heute keine theoretische, Interferenzerscheinungen an Kristallen behandelnde Untersuchung gibt, die, ohne völlig unübersichtlich und unanschaulich zu werden, auf die Verwendung des reziproken Gitters verzichten könnte. Von den vielen Arbeiten dieser Art — es wird noch darauf zurückzukommen sein —, die wir EWALD und seinen Schülern verdanken, sei ganz besonders auf die kürzlich erschienene Arbeit von RENNINGER (7) (1937) aufmerksam gemacht, dessen Untersuchungen über das Auftreten von „verbotenen" Reflexen nicht nur theoretisch interessant, sondern von allergrößter Bedeutung für die Kristallstrukturbestimmungspraxis sind. Gerade in dieser Arbeit ist die Verwendung des reziproken Gitters zur Veranschaulichung dieser — für den gewissenhaften praktischen Strukturbestimmer nicht gerade sympathischen — Entdeckung von einer bestrickenden Eleganz.

Es sei noch kurz erwähnt, daß das reziproke Gitter auch gute Dienste leistet zur Übersicht über Interferenzerscheinungen, die man bei ganz dünnen Schichten bzw. bei Aggregaten parallel geschichteter zweidimensionaler Kristalle zu erwarten hat. In solchem Falle besteht das reziproke Gitter aus Stäben. Hierüber wurde von BURGERS (8) (1936) berichtet. (Dort befindet sich auch eine Zusammenstellung von Hinweisen auf diesbezügliche Arbeiten anderer Autoren.) Interessant sind weiterhin die für ganz kleine Partikelchen geltenden reziproken Gitter, deren bizarre Gestalt von der äußeren, mikroskopisch nicht mehr wahrnehmbaren Begrenzung der Kriställchen abhängt und durch Elektronenstrahlen „sichtbar" gemacht werden kann. Derartige reziproke Gitter wurden von M. v. LAUE (9) diskutiert.

B. Seine Bedeutung für die Physik der Kristalle. Von großer physikalischer Bedeutung wurde die Vorstellung vom reziproken Gitter, als es EWALD (10) (1921) gelang, den vorerst in der Hauptsache geometrischen Sinn des reziproken Gitters durch eine jedem Gitterpunkte zugeordnete Gewichtsfunktion

zu vertiefen. Durch diese Gewichtsfunktion wird gewissermaßen die Atomanordnung im Kristall auf das dem Kristall zugeordnete reziproke Gitter abgebildet. Es würde in diesem Rahmen zu weit führen, nähere Angaben über das „reziproke Gitter mit Gewicht" sowie über die mit ihm in einem engen Zusammenhange stehende Fourierentwicklung der Massenverteilung im Kristall zu machen. Ein weiterer Ausbau dieser Gedanken, die zum Teil schon von W. H. BRAGG (11) (1915) geäußert waren, führte dann schließlich zu deduktiven Strukturbestimmungsmethoden, wie sie von BRAGG und WEST (12) (1928), BRAGG (13) (1929), WEST (14) (1930), PATTERSON (15) (1931/35), ROBERTSON (16) ausgearbeitet und mit großem Erfolg verwandt wurden. Diese letztgenannte, vorwiegend von BRAGG und seinen Mitarbeitern angewandte Strukturanalyse wird oft als „funktionale Analyse" bezeichnet im Gegensatz zu der meist sonst angewandten Methodik der „algebraischen Analyse" (trial and error). Es soll hier nicht auf nähere Einzelheiten der Unterschiede eingegangen werden. Was die funktionale Analyse im Gegensatz zur algebraischen experimentell schwierig gestaltet ist der Umstand, daß man für sie quantitative Intensitätsmessungen ausführen muß. Dagegen besitzt die funktionale Analyse gegenüber der algebraischen den Vorteil, daß sie zu eindeutigen Resultaten führt, während die algebraische in den meisten Fällen nur „wahrscheinliche" Resultate liefert, deren Wahrscheinlichkeit nicht immer an Sicherheit grenzt.

Atomfaktor und andere Intensitätsfaktoren.

Die Intensität ist nun aber nicht nur von der Atomanordnung abhängig. Diese beeinflußt nur *einen* der verschiedenen die Intensität zusammensetzenden Faktoren maßgeblich, nämlich den sog. Strukturfaktor. Es gibt noch eine Reihe anderer Faktoren, deren Größe in verschiedener Weise vom Glanzwinkel abhängig ist, und die daher bei der Intensitätsverwertung zu berücksichtigen sind. Der wichtigste von diesen ist der Atomformfaktor (der jedoch nur für die algebraische Analyse bekannt zu sein braucht; bei der funktionalen wird er gewissermaßen bei jeder Strukturbestimmung als Teilergebnis immer wieder von neuem, für die jeweils untersuchte Kristallart geltend, ermittelt). Je mehr Elektronen ein Atom hat, desto intensiver macht es sich bei der Interferenz bemerkbar. Während es bei den ersten Strukturbestimmungen einfacher Stoffe genügte, die Amplitude der gestreuten Strahlung proportional der Atomnummer der betreffenden Atomsorte zu setzen, mußte mit der fortschreitenden Kompliziertheit der zu bestimmenden Strukturen der Umstand berücksichtigt werden, daß die Elektronen nicht alle im Atomschwerpunkt vereinigt, sondern mehr oder weniger dicht um den Kern herum angeordnet sind. Es werden also auch schon die von den Elektronen desselben Atoms ausgehenden Elementarwellen miteinander interferieren, was sich in verschiedenen Richtungen verschieden bemerkbar machen wird. Weil dieser Faktor gewissermaßen die Form des Atoms berücksichtigt, wird er Atomformfaktor oder einfach Atomfaktor genannt. Seine Kenntnis verdankt man hauptsächlich HARTREE (1928/29). Ausführliche Tabellen wurden von JAMES und BRINDLEY (1931) sowie von PAULING und SHERMAN (1932) gegeben. Neuerdings sind die Werte in den bereits genannten internationalen Tabellen (4) aufgeführt. Der Temperatureinfluß auf die Intensitäten wurde vorwiegend von DEBYE (1913) und WALLER (1925/27) behandelt. Es sei darauf verzichtet, nähere Angaben über den Polarisationsfaktor und die Lorentz-Faktoren zu machen, es sei nur noch kurz auf die experimentellen Nachweise der Polarisation von Röntgenstrahlen durch MARK und SZILARD (1926) sowie RENNINGER (7) (1937) hingewiesen.

Ausbau der Röntgeninterferenz-Theorien.

A. Die dynamische Theorie. Von größter Bedeutung nicht nur für die qualitative Erklärung gewisser Erscheinungen, sondern auch für die quantitative Verwertbarkeit der Intensitäten und beobachtbaren Glanzwinkel war die Weiterentwicklung der allgemeinen Theorie der Röntgeninterferenzen von der sog. kinematischen — von v. LAUE bereits 1912 gegeben — zur sog. dynamischen Theorie. Von EWALD, dem das meiste Verdienst an der Entwicklung dieser Theorie zukommt (1917/24), werden die ihr zugrunde liegenden Fragen folgendermaßen charakterisiert (17): „So gut wie der einfallende Strahl, wird auch jeder Interferenzstrahl die Atome zum Aussenden von Streuwellen anregen. Wegen des Reziprozitätssatzes entstehen dadurch keine neuen Interferenzrichtungen; aber die Intensitäten werden durch die Wechselwirkung maßgebend beeinflußt werden. Es erhebt sich daher zunächst die Frage: Wie muß die Verteilung der Intensitäten innerhalb des Interferenzbündels sein, damit dies Bündel überhaupt existenzfähig oder, anders gesagt, dynamisch in sich abgeschlossen ist? Im Grunde ist dies dieselbe Fragestellung wie bei der optischen Dispersionstheorie. Auch dort fragt man nämlich: In welcher Art muß eine ebene Welle im dispergierenden Körper angesetzt werden, damit sie dynamisch möglich ist, d. h. damit die Welle mit einer vom Ort unabhängigen Amplitude sich fortpflanzen kann und dabei die Atome zum Aussenden von Sekundärwellen gerade in solchem Maße veranlaßt, wie es notwendig ist, um aus ihnen die optische Welle selbst zusammenzubauen?" Es sei gesagt, daß bereits DARWIN (1914) die Wichtigkeit dieser Probleme erkannt und bereits damals besonders betonte, daß für die Ausbildung der von der dynamischen Theorie geforderten und zu behandelnden Wechselwirkungen zwischen Atomen und Interferenzstrahlen der Grad der Vollkommenheit des Kristallgitters eine ausschlaggebende Rolle spiele. Die strenge Be-

handlung der Theorie führt u. a. zu Aussagen über den Brechungsindex von Röntgenstrahlen in Abhängigkeit von der benutzten Wellenlänge und der den Kristall aufbauenden Atomsorten und hiermit zusammenhängende Abweichungen vom BRAGGschen Gesetz (s. o.), sowie zu Aussagen über die Intensität in Abhängigkeit vom Glanzwinkel. Die experimentelle Nachprüfung der Theorie, im wesentlichen u. a. durch DARWIN und MOSELEY (1913), W. L. BRAGG, JAMES und BOSANQUET (1921), STENSTRÖM (1919), BERGEN DAVIS mit v. NARDROFF (1924), mit TERRILL (1922), W. H. BRAGG (1921), EHRENBERG, MARK und EWALD (1927), MARK und v. SUSICH (1929), RENNINGER (18) (1934), hat ergeben, daß nur relativ wenige Kristalle so ideal gebaut sind, daß die dynamische Theorie voll gilt. Die meisten Kristalle bestehen aus mehr oder weniger parallel liegenden kleinen Blöckchen, in denen sich die Wechselwirkung zwischen den Atomen nicht genügend ausbilden kann. Man benutzt dafür den Namen Mosaikkristall.

B. Die „Umweganregung" Renningers. Von wie großer praktischer Bedeutung die Beherrschung der dynamischen Theorie und ihrer Auswirkungen auf die Intensitäten idealer und nichtidealer (es gibt da natürlich alle Übergänge) Kristalle ist, geht aus der bereits erwähnten Arbeit von RENNINGER (7) (1937) hervor, der zeigen konnte, daß verbotene Reflexe — dies ist besonders wichtig für die Kenntnis der Überstrukturphasen bei Legierungen — infolge „Umweganregung" auftreten können. Und zwar treten diese Reflexe mit recht erheblicher Intensität auf, die aber abhängig ist von dem Grade der Vollkommenheit der bestrahlten Kristallite. An dieser Stelle sind wohl auch noch kürzlich von FINBAK und HASSEL (19) (1937) veröffentlichte Untersuchungen zu nennen, deren theoretische Deutung jedoch noch nicht völlig gegeben wurde.

C. Die Eigenstrahlungsdiagramme Kossels. Mit der dynamischen Theorie hat sich aber in den letzten Jahren noch außer EWALD (20) (1937) ganz besonders v. LAUE beschäftigt. Er brachte sie 1931 in eine mathematisch leichter zu überblickende Form (21) und verwandte sie 1935 (22) unter Berücksichtigung von KOHLERS (23) (1935) wellenmechanischer Behandlung zur Deutung der Versuche von KOSSEL und dessen Mitarbeitern LOECK und VOGES (24) (1935) sowie zur Deutung gewisser bei Elektroneninterferenzen beobachteter Effekte (der sog. Kikuchi-Linien, die von v. LAUE als Elektroneninterferenz-Analogon zu den folgend beschriebenen Kossel-Linien angesehen werden).

Es sei kurz einiges zu den KOSSELschen Versuchen gesagt. KOSSEL und seinen Mitarbeitern (24) gelang es, Einkristalle — bei den ersten Versuchen mit Kathodenstrahlen, später auch mit Röntgenstrahlen — derart anzuregen, daß die einzelnen Atome des Gitters als selbständige Strahlungsquellen wirken. Wie sich leicht geometrisch überlegen läßt, muß dann jede reflexionsfähige Netzebene Interferenzkegel mit „Glanzwinkeln" aussenden, die sich aus der BRAGGschen Gleichung (s. o.) ergeben. Diese Interferenzkegel machen sich auf der photographischen Platte als Kurven bemerkbar. In den zitierten Arbeiten sind wunderschöne derartige Aufnahmen reproduziert worden. Auch noch nach der bereits erwähnten zusammenfassenden Darstellung (22) hat sich v. LAUE mit der theoretischen Erklärung gewisser Einzelheiten dieser Versuche befaßt (1937) (25). Zur restlosen Deutung sind jedoch noch gewisse Schwierigkeiten zu überwinden, die nach v. LAUE nicht durch Änderung der physikalischen Grundlagen der dynamischen Theorie, sondern durch Verbesserung der mathematischen Behandlung behoben werden müssen.

Kurzer Überblick über verschiedene andere Gebiete.

Hiermit wären wir zum Schluß des Überblicks über die Entwicklung desjenigen Teilgebietes der Röntgeninterferenzen und ihrer Bedeutung für die Naturwissenschaft gekommen, welches M. v. LAUE selbst am meisten interessierte und an dessen Ausbau er selbst entscheidend mitgearbeitet hat. Es ist leider nicht möglich, in dem zur Verfügung stehenden Rahmen mit gleicher Ausführlichkeit die Entwicklung anderer, sicherlich nicht minder wichtiger Gebiete zu behandeln, die entweder ihre Existenz oder doch maßgebliche Anregungen der LAUEschen Entdeckung verdanken. Es seien daher lediglich noch ganz kurz einige besonders wichtige erwähnt, ohne aber dabei ins einzelne zu gehen und Vollständigkeit anstreben zu können.

1. Das Gebiet der Elektroneninterferenzen mit seiner technischen Bedeutung für die Untersuchung dünner Filme und Oberflächenschichten (insbesondere im Hinblick auf die Korrosion von Metallen und Legierungen). Es sei auch der ergänzenden Hilfe gedacht, welche die Kristallchemie durch die Ergebnisse der Elektroneninterferenzforschung erfährt.

2. Die Elektronentheorie der Metalle, die immer mehr auch für praktisch metallkundliche Fragen an Bedeutung gewinnt.

3. Die Röntgenspektroskopie mit ihrer grundlegenden Bedeutung für die Atomphysik und Kristallphysik sowie ihrer praktischen Bedeutung für die chemische Analyse. (Es sei u. a. auch daran erinnert, daß mit ihrer Hilfe das Hafnium, Rhenium und Masurium entdeckt und die ersten beiden angereichert werden konnten.)

4. Die Texturforschung im weitesten Sinne (Ermittelung von Kristallgröße, Kristallitform, Kristallitanordnung). Als praktische Anwendungsgebiete dieses Forschungszweiges seien genannt zunächst als wichtigstes die Metallindustrie, sodann Kolloidchemie, Faserstoffchemie und Biologie.

5. Die Kristallchemie, deren Aufgabe darin besteht, die Beziehungen zwischen chemischer Zusammensetzung und physikalischen Eigenschaften der Kristalle, insbesondere ihrer strukturellen Eigenschaften, zu ermitteln. Hierüber wird demnächst in dieser Zeitschrift ein Bericht von F. MACHATSCHKI erscheinen. (Schluß folgt.)

Die Erforschung der Feinstruktur tierischer Gewebe mit Hilfe der Röntgenstrahleninterferenz-Methoden.

Von FRANCIS O. SCHMITT, Saint Louis.

Die röntgenographische Methode, die vor 25 Jahren von M. VON LAUE begründet wurde, hat sowohl der Chemie wie der Biologie wertvolle Dienste geleistet. Die durch sie bedingten großen Fortschritte in der Erforschung der Struktur komplexer organischer Substanzen wie Cellulose und anderer Kohlehydrate, Gummi und anderer hochpolymerer Verbindungen, ja sogar Proteinstrukturen, sind allgemein bekannt. Die Röntgenanalyse ist auch mit gutem Erfolg auf tierische Pigmente, Sterole, Enzyme, Vitamine und Hormone angewandt worden. Als wertvolle Ergänzung älterer chemischer und kristallographischer Methoden, besonders auf dem schwierigen Gebiet der hochpolymeren organischen Naturstoffe, hat sich die Röntgeninterferenzmethode in dieser verhältnismäßig kurzen Zeit einen festen Platz erobert.

Im folgenden werde ich jedoch nur die Verwendung der Interferenzmethode bei Erforschung der molekularen Architektur tierischer Gewebe behandeln. Das Gebiet wird sogar noch mehr eingeengt werden müssen; denn die hochstrukturierten reinen Stützgewebe, wie Knochen, werden nur gelegentlich erwähnt werden. Wir werden vor allen Dingen Muskeln und Nerven betrachten. Diese beiden Gewebe haben wir ausgewählt, weil hier die Röntgenanalyse Einsichten verschaffen kann, die für den Physiologen von großer Bedeutung sind: Einblicke nicht nur in die molekulare Architektur der *ruhenden* Gewebe, sondern auch in die Veränderungen, die sich während ihrer *Tätigkeit* abspielen, so daß man hoffen kann, dadurch mehr zu erfahren über das Problem der fundamentalen Mechanismen, die der Kontraktilität und Erregbarkeit zugrunde liegen.

Schon wenige Jahre nach v. LAUES Entdeckung wurde durch Untersuchungen in den Laboratorien der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft in Dahlem der Weg gewiesen für die weitere Entwicklung auf diesem Gebiet. Auf POLANYIS Untersuchungen über die Interferenz faseriger Substanzen folgten HERZOGS (1) bahnbrechende Experimente über die Feinstruktur von Muskeln, Sehnen und Nerven, die zeigten, daß man besonders nach Streckung und Austrocknung klare Hinweise auf eine Orientierung der Proteinbausteine in diesen Geweben erlangen kann. Für die meisten dieser Experimente waren allerdings Belichtungszeiten von vielen Stunden erforderlich, und viele Biologen hielten es für unwahrscheinlich, daß man unter derartigen experimentellen Bedingungen überhaupt wesentliche Aufschlüsse über die Struktur lebender Gewebe würde erlangen können. Die Belichtungszeit ist jedoch mit der Entwicklung moderner Hochleistungsröhren stark verkürzt worden. Es ist jetzt z. B. möglich, Diagramme von *frischen* Nerven und Muskeln mit einer Belichtungsdauer von nur 10 *Minuten* herzustellen. Der skeptische Biologe kann immer noch einwenden, daß man zwar die Belichtungszeit herabsetzt, dafür aber die Intensität der Bestrahlung so sehr steigert, daß man dadurch die Gewebe schwer schädigt oder ihre Struktur ändert, und die Ergebnisse deshalb für den Physiologen nur geringes Interesse haben. Zum mindesten für Nerven ist jedoch nachgewiesen worden, daß eine Bestrahlung, die ein genügend klares Diagramm erzeugt, seine Erregbarkeit nicht herabsetzt; noch auch ist der Leitungsmechanismus geschädigt, wie der mit dem Oszillographen feststellbare Aktionsstrom zeigt, der nach Bestrahlung gleiche Höhe wie vorher hat. In der Tat ist im Falle des Nerven die Röntgeninterferenzmethode wahrscheinlich weniger „unphysiologisch" als andere Methoden der Feinstrukturanalyse; denn man kann hier das ganze Nervenbündel benutzen und ist so der Notwendigkeit enthoben, einzelne Fasern zu präparieren. Jede andere Methode, z. B. die Anwendung polarisierten Lichtes, macht es erforderlich, einzelne Fasern herauszupräparieren und sie einzeln zu untersuchen. Experimente mit dem Mikromanipulator zeigen, daß dieses Verfahren schwere Schädigungen nach sehr kurzer Zeit zur Folge hat (DE RENYI).

Wegen Raumbeschränkung ist es mir nicht möglich, die elementare Theorie, die den Phänomenen der Röntgenstrahlbeugung zugrunde liegt, hier darzustellen. Ausgezeichnete Darstellungen dieses Gebietes findet man bei MEYER und MARK(2), ASTBURY (3), SPONSLER (4) und KATZ (5). Jedoch mag eine kurze Erörterung der Methodologie und der Auswertung der Daten wünschenswert erscheinen. Von LAUES ursprüngliche Idee war bekanntlich die, daß man die Beugungsphänomene, die auftreten, wenn Lichtstrahlen durch feine Gitter hindurchtreten, auch müsse beobachten können, wenn Strahlung von viel kürzerer Wellenlänge (Röntgenstrahlen) durch Kristalle hindurch passiert; in diesem Falle würden die regelmäßig angeordneten Atome im Kristall die Beugungsebenen liefern. Das nach v. LAUE benannte Diagramm, das auf diese Weise erzeugt wird, besteht aus einer Anzahl von Punkten, die um den Einfallspunkt des Hauptstrahls herum regelmäßig angeordnet sind. Wenn der Kristall während der Belichtung kontinuierlich rotiert, oder wenn er pulverisiert wird, ergeben sich andere Diagramme, welche beträchtlich umfangreichere Anwendungsmöglichkeiten haben als die erstgenannte Methode. Wenn monochromatische Röntgenstrahlen benutzt werden, kann man mit Hilfe des bekannten BRAGGschen Gesetzes die Entfernung zwischen den die Beugung verursachenden Atomebenen berechnen. Wenn die Teilchen irgendeines Stoffes in einer Richtung bevorzugt orientiert sind, erhält man

ein Faserdiagramm, das dem Rotationsdiagramm eines Kristalls entspricht.

Unter tierischen Geweben sind faserige Strukturen besonders geeignet für die Röntgenstrahlanalyse, weil die Anordnung der Mizellen genügend regelmäßig ist, um deutbare Diagramme zu erzeugen, und weil eine hinreichend große Menge des Baumaterials orientiert ist (Sehne, Muskel), um die Analyse praktisch durchführbar zu machen.

Das Gewebe wird gewöhnlich im Strahlengang so orientiert, daß die lange Achse vertikal gerichtet ist. Enthält das Gewebe lange, fadenförmige Makromoleküle (um einen Ausdruck STAUDINGERS zu gebrauchen) oder Mizellen, die in der Richtung der Faserachse besonders gut orientiert und durch Seitenbrücken sehr eng miteinander verbunden sind (wie beim Haar), dann wird das Diagramm Punkte auf dem Äquator zeigen, die den seitlichen Abstand zwischen den längsgerichteten Ketten angeben; eine zweite Punktserie oder längliche Sicheln auf dem Meridian deuten eine regelmäßige Aufreihung von Einheiten (Aminosäurereste in Proteinfasern) in der Richtung der Längserstreckung der Makromoleküle oder Mikrofibrillen an. Sind die Ketten weniger regelmäßig angeordnet, dann können die Reflexe erheblich verlängert sein (Sicheln) oder nur einen Ring mit leichten meridionalen oder äquatorialen Verschärfungen darstellen. Hochorganisierte Fasern, wie Seide oder Cellulose, können natürlich auch Punkte in verschiedenen Positionen zwischen Äquator und Meridian zeigen. Die Indices der Ebenen, die für diese Reflexe verantwortlich sind, kann man nach dem Vorgang von BERNAL graphisch darstellen.

Die Technik selbst ist verhältnismäßig einfach. Aus dem Röntgenstrahl wird nach Austritt aus der Röhre durch eine Reihe von 2—3 Blenden ein Strahlenbündel von höchstens 0,25—1 mm ausgeblendet. Das zu untersuchende Gewebe wird unmittelbar hinter der letzten Blende montiert (s. Fig. 1). Die photographische Platte wird in

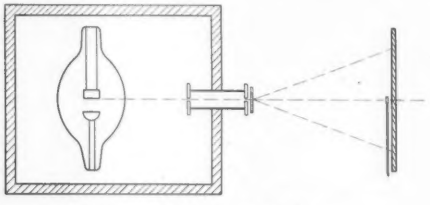


Fig. 1. Erklärung siehe Text.

einer geeigneten Kassette senkrecht zum Lichtstrahl in beliebiger Entfernung vom Objekt (gewöhnlich 3—5 cm, aber in manchen Fällen bis zu 20—30 cm Abstand) aufgestellt. Der Primärstrahl erzeugt eine intensive Schwärzung im Zentrum, die ungefähr denselben Durchmesser hat wie die Blende, während die von den regelmäßigen und orientierten Molekülebenen des Gewebes reflektierten Strahlen symmetrisch um den Zentralfleck herum angeordnet sind. Um Verschleierung infolge von Lichtzerstreuung vom Primärstrahl zu verhindern, wird eine kleine Scheibe aus Blei (das „Kügelchen") vor der Platte an der Stelle angebracht, wo der Hauptstrahl auftrifft. Dies Bleikügelchen soll nur eben so groß sein, daß es die bestrahlte Fläche abdeckt; ist es zu groß, so kann es etwaige Reflexe, die von sehr großen Identitätsperioden (Abstände zwischen Molekülebenen) herstammen und die deshalb nahe dem Hauptstrahl auftreten würden, verdecken. Wenn man mit Geweben und gewissen Protein- und Lipoidpräparaten arbeitet, ist es besonders wichtig, den Blendendurchmesser und das Kügelchen so klein wie möglich zu machen, sonst entgehen einem die Reflexionen großer Perioden.

Der Abstand d zwischen den orientierten Ebenen im Objekt kann berechnet werden nach dem Gesetz von BRAGG: $d = \frac{n\lambda}{2 \sin \Theta'/2}$, wobei n die sog. Ordnung des Interferenzbildes, λ die Wellenlänge der Strahlung (1,54 Å für Kupferstrahlung) ist, und Θ bestimmt ist durch die Entfernung des abgebeugten vom Hauptstrahl und durch den Abstand des Objektes von der Platte. Aus der Formel geht hervor, daß die Interferenzpunkte dem Zentralpunkt um so näher liegen, je größer der Abstand zwischen den beugenden Ebenen ist, und daß man um so größere Raumgitterabstände wird entdecken können, je weiter man den Film vom Objekt entfernt. Wenn man 0,25-mm-Blenden, ein sehr kleines, gut ausgerichtetes Kügelchen und 20 cm Abstand benutzt, kann man Perioden von der Größenordnung 200 Å und mehr direkt messen. Die Tatsache, daß gewisse Gewebe (Sehne, Nerv) Perioden dieser Größenordnung und sogar noch größere (0,01—0,04 μ) aufweisen, zeigt ganz klar, daß man mit dieser Technik die Lücke zwischen mikroskopisch sichtbaren Strukturen und kleinsten kolloidalen Teilchen überbrücken kann.

Die Methode, die man bei der Anbringung der zu untersuchenden Gewebe anwendet, ist vielleicht von Interesse. Benutzt man getrocknete Gewebe, dann kann man das Präparat direkt an der Blende befestigen oder es davor in der Luft aufhängen. Frische Gewebe müssen in eine feuchte Kammer eingeschlossen werden. BOEHM (6) baute seinen Muskelhalter mit geeigneten Reizelektroden und das Stativ direkt in eine geschlossene Kamera ein, die als feuchte Kammer diente. Nerven können für sehr kurze Belichtungen direkt auf die flache Seite der Blende gelegt werden, so daß sie die Blende bedecken; Austrocknen wird durch häufiges Besprengen mit einem Zerstäuber verhütet. Für längerdauernde Belichtungen ergab die in Fig. 2 dargestellte Anordnung von SCHMITT, BEAR und CLARK (7) befriedigende Resultate. Der Nerv wird zwischen zwei sehr dünnen Glasstäbchen aufgehängt, die an ihren Enden an größere Glasstäbe angeschmolzen sind; die letzteren sind in einer genau passenden Glasröhre verschiebbar. Die Glasfenster sind sehr dünn (etwa 10 μ). Das Präparat muß sehr sorgfältig vor der Blende zentriert

werden, was gewöhnlich ohne große Schwierigkeit möglich ist.

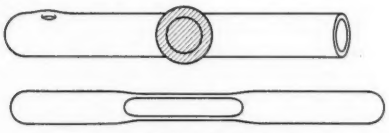


Fig. 2. Erklärung siehe Text.

Wir wollen damit die technischen Vorbemerkungen abschließen und uns den Entdeckungen zuwenden, die mit der Röntgenstrahlmethode auf dem Gebiete der Ultrastruktur der Gewebe gemacht wurden, und uns fragen, wieweit diese Entdeckungen dem Physiologen das Verständnis der Gewebefunktionen erleichtern.

Wir könnten des längeren über Sehnen und andere kollagene Gewebe berichten; denn Untersuchungen an diesen Strukturen haben wertvolle Hinweise gegeben auf das, was man in weniger gut strukturierten Fasergeweben zu erwarten hat. [Eine Übersicht über dieses Werk s. bei KATZ (5).] Diese frühen Experimente gaben auch wertvollen Aufschluß über intra- wie intermicellare Quellungen. Später wurde gezeigt, daß Sehnen aus faserig angeordneten echten Kristallen mit sehr großen Molekülen aufgebaut sind. Dies wurde bewiesen sowohl durch das Auftreten von sehr großen meridionalen Interferenzperioden [432 Å, CLARK und SCHAAD (8)], als auch durch die Beobachtung, daß Kollagen aus dem Rattenschwanz in Essigsäure gelöst und durch Salz wieder ausgefällt werden kann in Form eines „Gewebes", das nach Streckung und Austrocknung Diagramme gibt, die mit denen unbehandelter Sehne identisch sind [WYCKOFF und COREY (9)]. Der weiteren Strukturanalyse dieser Riesenaggregate sehen wir mit Spannung entgegen. Jeder Biologe muß durch diese weittragenden Ergebnisse tief beeindruckt sein, besonders im Hinblick auf die große Bedeutung, die sie gewinnen können auf dem allgemeinen Gebiet der experimentellen Embryologie und der Genetik.

Jedem, der mit der Entwicklung der Theorien über die Feinstruktur des *Muskels* und den Mechanismus der Kontraktilität vertraut ist, wird es klar sein, daß auf diesem Gebiet die Röntgenanalyse besonders nutzbringend sein sollte. Von Anfang an — BRÜCKE kündigte seine Disdiaklast-Theorie im Jahre 1858 an und ENGELMANN stellte den Satz: „Ohne Doppelbrechung keine Kontraktilität" im Jahre 1875 auf — hat man angenommen, daß Muskeln kristalloide Proteinmicellen enthalten, die in den Fasern der Länge nach orientiert sind, und daß die Kontraktilität mit inter- oder intramicellaren Umordnungen verknüpft ist.

Die ersten Untersuchungen über die Feinstruktur der Muskeln mit Hilfe der Röntgenmethode [HERZOG und JANKE (1), BOEHM (6) u. a.] sind jetzt hauptsächlich noch von historischem Interesse. Die Zahl der Punkte in den Interferenzdiagrammen, die für die Interpretation der Feinstruktur zur Verfügung standen, war enttäuschend gering. Es wurde nachgewiesen, daß frischer Muskel Äquatorialpunkte bei 11 Å erzeugte, während die Periode getrockneter Muskeln etwas kleiner war. Diese Periode sollte den seitlichen Abstand zwischen den in der Faser längs angeordneten Molekülketten angeben.

Im Licht unserer heutigen Kenntnisse ist es klar, daß die Technik dieser ersten Experimente ganz und gar nicht befriedigend war. Abgesehen davon konnte selbstverständlich eine ausreichende Erklärung des Muskeldiagramms erst erwartet werden, nachdem die physikalischen und chemischen Eigenschaften des bei der Verkürzung wichtigen Proteins (Myosin) erforscht waren, und ferner, nachdem eine Theorie der Feinstruktur der Proteine im allgemeinen entwickelt worden war. Diese Vorfragen sind jetzt soweit geklärt worden, daß man einen erfolgversprechenden Anfang machen kann mit der Interpretation der Molekularmechanik der Kontraktilität.

Die Arbeiten von EDSALL (10), v. MURALT und EDSALL (11) und WEBER (12) haben klar gezeigt, daß Myosin das für die Doppelbrechung und darum wohl auch für die Kontraktilität des Muskels verantwortliche Protein ist. Diese Forscher haben uns auch zahlreiche Angaben über die physikalischen und chemischen Eigenschaften dieses Proteins geliefert. Daten über die Konstitution seiner Aminosäuren sind allerdings noch sehr vonnöten.

Den Schlüssel zum Verständnis der Molekularmechanik des Kontraktionsvorganges hat anscheinend die Röntgeninterferenzmethode geliefert. Interesseranterweise ist dieser Fortschritt nicht das unmittelbare Ergebnis von Untersuchungen am Muskel, sondern erst mittelbar durch Untersuchungen am Haar ermöglicht worden. Bekanntlich hat W. T. ASTBURY gezeigt, daß das Protein Keratin im Haar in der Form von Blättern oder Gittern von Molekülen existiert. Die Gitter sind aufgebaut aus längs angeordneten Hauptvalenzketten; diese sind seitlich mit ihren Nachbarn verbunden durch Seitenkettenbrücken, und zwar entweder mittels ihrer Hauptvalenzen (S-S oder Peptidbindung) oder mittels COOH- und NH_2-Gruppen, wahrscheinlich durch Wasserstoffverbindungen. In gewöhnlichem Haar sind die Hauptvalenzketten in sich gefaltet, und zwar in Ebenen senkrecht zum Gitter; in diesem Falle spricht man von der α-Form des Proteins. Unter geeigneten Bedingungen kann man jedoch das Haar bis zur doppelten Länge dehnen, und das Röntgendiagramm zeigt, daß diese außerordentliche Elastizität ermöglicht wird durch Streckung der Falten in den Ketten. Die ungefaltete, gestreckte Form nennt man β-Keratin. Unter kontrollierter Behandlung mit Dampf kann sich α-Keratin noch beträchtlicher verkürzen, als wenn es in α-Form ist. Dieses „Überfalten" wird ermöglicht durch Aufhebung von gewissen seitlichen Spannungen in den Ketten und ist von ASTBURY „Superkontraktion" genannt worden. Diese kurzen Angaben über ASTBURYS

Originalarbeiten werden für die folgenden Erörterungen genügen; eine eingehende Besprechung ist kürzlich in dieser Zeitschrift von MARK und PHILIPP (13) veröffentlicht worden.

Schließlich hat ASTBURY, beeindruckt durch die Ähnlichkeit des Röntgendiagramms von Keratin und Myosin, eine eingehende Analyse der molekularen Architektur des Muskels und von Myosin-Filmen gemacht. Leider ist die in Vorbereitung befindliche eingehende Darstellung seiner Befunde noch nicht veröffentlicht. Der unveröffentlichte Teil der folgenden kurzen Übersicht beruht auf persönlicher Mitteilung, für die der Verfasser Herrn Professor ASTBURY zu Dank verpflichtet ist.

Das Röntgendiagramm des Muskels ist fast ununterscheidbar von dem des α-Keratins; das besagt, daß die Ketten im Muskel wie im Haar in gefalteter Form vorliegen. Dies wurde klar bewiesen durch ein Experiment, in dem es durch geeignete Mittel gelang, Muskel- oder Myosinfilme zu strecken und dadurch in die typische β-Form überzuführen [ASTBURY und DICKINSON (14)]. Schließlich ließ sich unter anderem zeigen, daß Myosin ganz entsprechend dem Keratin zur Superkontraktion gebracht werden kann. Es besteht also vollkommene strukturelle Übereinstimmung zwischen Myosin und Keratin, und es bleibt nur noch übrig, herauszufinden, ob die Kontraktilität wirklich befriedigend erklärt werden kann durch die Annahme, daß es sich um eine reversible Formänderung von normalen, orientierten α-Myosinketten zu dem höheren Faltungszustand der Superkontraktion handelt.

Die Überfaltungstheorie der Kontraktion setzt voraus, daß die Proteinketten sowohl während der Kontraktion als auch im Ruhezustand in der Längsrichtung angeordnet bleiben, und daß die Faltung in einer Richtung senkrecht zur Faserachse erfolgt. Dies ist in der Tat bewiesen worden. Die Diagramme von isotonisch und isometrisch sich kontrahierenden Muskeln weisen dieselbe Längsorientierung der Ketten auf wie die des ruhenden Muskels und lassen sich nur deuten unter der Annahme gefalteter Ketten. Es scheint, als ob man die in der früheren Literatur vorherrschende Annahme wird aufgeben müssen, derzufolge Kontraktion auf einer Umordnung der Micellen und nicht auf einer inneren Kontraktion der Einzelmicellen beruht. ASTBURY findet, daß die Superkontraktionstheorie auch mit den polarisationsmikroskopischen Befunden, wie z. B. denen von FISCHER (15), gut übereinstimmt.

Wegen der geometrischen Lageverhältnisse ist es zweifelhaft, ob es möglich sein wird, mit Röntgendiagrammen einen direkten Beweis für die Überfaltung der Ketten in sich kontrahierenden Muskeln zu liefern. Obgleich dieser endgültige Beweis natürlich wünschenswert wäre, ist er doch entbehrlich angesichts des schon jetzt zur Verfügung stehenden gewichtigen Materials, auf das sich die Theorie stützt.

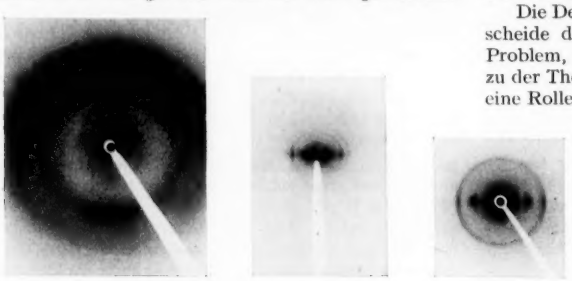
Nachdem ASTBURY gezeigt hat, daß das Diagramm des frischen Muskels verhältnismäßig kompliziert ist, ist es nicht weiter überraschend, daß künstliche Myosinfilme oder -fasern sich nicht verkürzen bei Behandlung mit den Reagentien, die in der Energetik des Muskels eine wichtige Rolle spielen. Obgleich Myosinfasern in der α-Form sind und elastische und doppelbrechende Eigenschaften aufweisen, die quantitativ denen des Muskels entsprechen [WEBER (12)], zeigt ein Vergleich des Röntgendiagramms des Muskels mit dem der künstlichen Faser im ersteren eine hochgradige Struktur, die der letzteren fehlt. Dies muß man erwarten, da das Verfahren, das man zur Herstellung der künstlichen Fasern anwendet, eine unvermeidliche Zustandsänderung des Proteins zur Folge hat. Myosin ist anscheinend sehr empfindlich, besonders gegen Austrocknung [MIRSKY (16)].

Wenn die Röntgeninterferenzmethode, wie es den Anschein hat, erfolgreich sein sollte in der Aufhellung der submikroskopischen strukturellen Veränderungen, die die Kontraktion bedingen, dann kann man erwarten, daß die Aufklärung der chemischen Vorgänge, die für die Verkürzung unmittelbar verantwortlich sind, außerordentlich erleichtert werden wird. Es wird allgemein angenommen, daß die bisher bekanntgewordenen chemischen Reaktionen, die bei der Muskelkontraktion auftreten, mit den Erholungsprozessen zu tun haben und nicht mit den Prozessen, die die Verkürzung einleiten. Jedoch sollte die Molekularmechanik von ASTBURY, besonders wenn die chemische Konstitution des Myosins noch genauer bekannt sein wird, einen wichtigen Schlüssel für das Verständnis des allgemeinen Typus der chemischen Reaktion liefern, die man als Ausgangspunkt der strukturellen Änderungen zu erwarten hat.

Wir kommen schließlich zu den Röntgenbeugungsuntersuchungen an *Nerven* und fragen uns wieder, ob sie Licht auf die Ultrastruktur in ihrer Beziehung zur Funktion werfen. Da bei der Erregungsleitung nur ein außerordentlich geringer Energiebetrag frei wird, wird man zunächst sein Augenmerk darauf richten, die Röntgenanalyse auf die Erforschung der Molekularstruktur der normalen *ruhenden Faser* mit ihrem Axon und der sie umgebenden lipoidhaltigen Scheide zu richten, anstatt gleich zu Beginn nach Umordnungen der Lipoid- oder Proteinmoleküle als Begleiterscheinung der Reizleitung zu fahnden. Bis wir jedoch die Organisation der verschiedenen Komponenten des Neurons kennen, die den erregbaren Mechanismus aufbauen, werden Theorien der Erregungsleitung abstrakt und kaum unmittelbar anwendbar bleiben. Die Interferenzmethode hat ganz wesentlich zu einem Verständnis besonders der Anordnung der Nervenlipoide beigetragen, und die Möglichkeiten dieser Analyse sind noch keineswegs ausgeschöpft. Mit dem Fortgang der Analyse ist es immer klarer geworden, daß gesicherte Schlußfolgerungen nur gezogen werden können, wenn man nicht nur die Ergebnisse der Röntgenmethode, sondern auch die der Polarisationsoptik, die Cytologie des lebenden und des fixierten Materials sowie

kolloidchemische und analytisch-chemische Daten sorgfältig in Betracht zieht und alle miteinander in Einklang zu bringen sucht.

Wie beim Muskel wurden die ersten bahnbrechenden Experimente am Nerven von HERZOG und JANKE (1) gemacht. Die erste ins einzelne gehende vergleichende Untersuchung ist die von BOEHM (17). Das für frischen Wirbeltiernerv typische Diagramm zeigte zwei deutliche Perioden, eine bei 4,8 Å mit beträchtlicher meridionaler Verschärfung (Sicheln), und Äquatorpunkte bei 17 Å (s. Fig. 3, *A*). Die kleinere Periode war richtig gedeutet worden als verursacht durch Lipoide in der Myelinscheide, die mit den langen Achsen der Fettsäureketten sich in derselben Richtung erstrecken wie die optischen Achsen dieser Micellen, nämlich radial. Die äquatorialen Punkte, die sich nach 11 Å verlagerten, wenn der Nerv getrocknet



A *B* *C*

Fig. 3. Röntgen-Interferenz-Diagramm von frischen und getrockneten Nerven. *A* frisches Corpus callosum der Katze. Abstand 3 cm; *B* frische motorische Wurzel vom Frosch in feuchter Kammer. Abstand 10,95 cm; *C* getrocknete motorische Wurzel vom Frosch. Abstand 20,8 cm.

wurde, schienen typisch zu sein für in der Längsrichtung orientierte Proteinketten; und da Anhaltspunkte dafür vorhanden waren, daß diese Beugungen nicht auf Proteinen innerhalb der Axone (Neurofibrillen) beruhen, wurden sie dem Bindegewebe zugeschrieben, das in dem von BOEHM untersuchten Nerven in besonderer Fülle vorhanden war.

Durch Benutzung einer Reihe von Nerven, die sich von den von BOEHM untersuchten in ihrer histologischen Zusammensetzung unterschieden, konnten SCHMITT, BEAR und CLARK (7) zeigen, daß die äquatorialen 15,5—17 Å Perioden nicht von Bindegewebe herrühren, sondern wahrscheinlich eine höhere Ordnung sehr großer Perioden der Myelinscheide sind. Mit sehr kleinen Blenden, sorgfältig zentrierten Kügelchen und Benutzung eines weiten Abstandes zwischen Objekt und photographischer Platte (10—20 cm) konnte der Nachweis einer fundamentalen äquatorialen Periode von 171 Å gebracht werden (4 Ordnungen deutlich meßbar, s. Fig. 3, *B*). Die Lipoide befinden sich in einem Zustande, der am besten zu beschreiben ist als ein smektisch gemischter flüssiger Kristall; die Moleküle, die die Schichten bilden, sind gut orientiert in radialer Richtung, haben aber Zufallsorientierung um diese Achse herum. Diese Zufallsanordnung erzeugt die meridional verschärften Perioden bei 4,6—4,8 Å, die die Dicke der Fettsäureketten angeben. Eine erhebliche Klärung des Nervendiagramms wurde erzielt dadurch, daß man es verglich mit Diagrammen, die von extrahierten Nervenlipoiden und von reinen Lipoiden wie Lezithin und Cholesterol herstammten. Im getrockneten Nerv löst sich die 4,8-Å-Periode in 4 meridional verschärfte Ringe bei 4,2, 4,7, 5,2 und 5,8 Å auf. Die gleichen Perioden ließen sich an Diagrammen von getrockneten Lipoiden nachweisen, und manche konnten als Produkte ganz bestimmter Lipoidtypen (Phosphatide, Cerebroside, Sterole) erkannt werden. Mit Wasser befeuchtete Nervenlipoide weisen eine Periode bei 15—17 Å auf, die auch im Diagramm frischer Nerven auftritt.

Die Deutung der großen Perioden in der Myelinscheide des Nerven stellt uns vor ein reizvolles Problem, dessen Lösung in wichtiger Beziehung zu der Theorie stehen kann, nach denen das Myelin eine Rolle bei der Leitung des elektrischen Aktionsstromes spielt. Aus der Histologie und aus Untersuchungen mit polarisiertem Licht wissen wir, daß die Myelinscheide ihre verwickelte Organisation nicht den Lipoiden allein, sondern einer engen Vereinigung von Lipoiden und Proteinen verdankt. Untersuchungen über ihre Doppelbrechung lassen sich am einfachsten erklären mit der Annahme, daß Schichten von radial orientierten Lipoidmolekülen abwechseln mit konzentrischen Schichten von Proteinmaterial, das in Form von tangentialen Blättchen angeordnet ist. Da die Myelinscheide frischer Präparate keine optischen Inhomogenitäten zeigt und da histologische Methoden die konzentrischen Proteinblättchen auf der ganzen Scheide erkennen lassen, ist man geneigt, das Myelin als ein aus 3 Bestandteilen zusammengesetztes System zu betrachten. Unter dieser Annahme ist es denkbar, daß das Proteinmaterial verantwortlich ist für die Aufrechterhaltung der der Scheide eigenen Struktur. Ein weiteres Experiment, das bereits in Angriff genommen ist, geht darauf aus, zu bestimmen, inwieweit das für Nerven charakteristische Diagramm mit den großen Perioden durch Lipoide nachgeahmt werden kann, die aus Nerven extrahiert wurden, und durch Gemische reiner, d. h. proteinfreier Lipoide. Daß diese Nachahmung bisher nicht geglückt ist, liegt vielleicht daran, daß eine andere Komponente (wahrscheinlich Protein, worauf optische Befunde hindeuten) eine wesentliche Rolle bei der Erzeugung dieser Periode spielt.

Für den Elektrophysiologen wird es von besonderer Bedeutung sein, ein klares Bild von der Feinstruktur der Nervenscheide zu haben; denn das vorläufige Bild von miteinander abwechselnden Schichten von Lipoiden und Protein führt zur

Annahme einer Membran, die mit eigentümlichen dielektrischen Eigenschaften ausgestattet ist. Da sich zeigen ließ, daß diese Art Ultrastruktur charakteristisch für Achsenscheiden von Nerven ganz allgemein ist (18), und vielleicht auch für die Zellmembran (19), wird es nützlich sein, diese Form einer Filmstruktur, die in bester Ausprägung in der Myelinscheide der Wirbeltieraxone vorliegt, auf ihre Bedeutung für die Erregungs- und Reizungsvorgänge hin zu untersuchen. Und für diesen Zweck ist die Röntgenmethode in Verbindung mit der Polarisationsoptik wunderbar geeignet.

SCHMITT, BEAR und CLARK (7) haben die Schlußfolgerung gezogen, daß das ganze Diagramm eines frischen Wirbeltiernerven auf Strukturen in der Myelinscheide zurückzuführen ist. Es sind auch Versuche unternommen worden, um Aufschluß zu erlangen über die Ultrastruktur des inneren wässerigen Kernes der Nervenfaser, des Achsenzylinders, der von manchen für das leitende Element gehalten wird. Nerven von Wirbellosen (in denen der Achsenzylinder viel größer ist im Verhältnis zu den anderen Strukturen als im Wirbeltiernerven) weisen nach Streckung und Trocknung äquatoriale Sicheln bei 11,5 Å auf, die auf Proteinfibrillen hindeuten, die in der Längsrichtung der Faser angeordnet sind; jedoch kann man nicht mit Sicherheit sagen, daß diese Perioden von Achsenzylinderproteinen hervorgerufen werden, da das in beträchtlicher Menge vorhandene Bindegewebe ebensogut für das Diagramm verantwortlich sein kann.

Nach dem Vorgang von BOEHM und WEBER (20) wurden künstliche Fasern dadurch hergestellt, daß man extrahierte Nervenproteine durch kapillare Röhren hindurch in gerinnende Medien spritzte. Diese künstlichen Fasern waren, wie Achsenzylinder, positiv doppelbrechend in bezug auf ihre Länge. Die Beugungsdiagramme zeigten jedoch keine Spur von Orientierung, anstatt dessen nur Ringe bei 4,6 und 10—11 Å. Solche Ringe sind, wie ASTBURY, DICKINSON und BAILEY (21) später gezeigt haben, typisch für alle denaturierten Proteine.

Spätere quantitative Experimente über die Doppelbrechung des Achsenzylinders (22) haben gezeigt, daß dieser zwar höchstwahrscheinlich orientierte Proteinmicellen nach Art typischer tierischer Fasern enthält, daß der Betrag an solchen orientierten Stoffen aber sehr gering ist (10% des festen Materials des Achsenzylinders). Wenn dies orientierte Material im Axon verteilt ist, ist die Zahl der Beugungsebenen möglicherweise zu klein, um ein wahrnehmbares Röntgendiagramm zu erzeugen. Kürzlich sind (unveröffentlichte) Untersuchungen an Achsenzylindermaterial des Riesenaxons des Tintenfisches gemacht worden, die auf dieses Problem Bezug nehmen. Die einzelnen Fasern sind hier 0,5 mm dick. Bei Alkoholbehandlung schrumpft der Achsenzylinder bis zu weniger als der Hälfte des normalen Durchmessers ein, während dabei die Doppelbrechung, d. h. die Ultrastruktur, kaum verändert wird. Solche Achsenzylinderstränge kann man aus den Nervenscheiden entfernen und für Beugungsexperimente verwenden. Nur die typischen Proteinringe bei 4,6—4,8 und 10—11 Å wurden gefunden, aber keine Spur von bevorzugter Orientierung konnte beobachtet werden. Man muß daraus den Schluß ziehen, daß die Hauptmasse des Achsenzylinders (ungefähr 90% des festen Materials) in unorientierter Form vorhanden ist.

Aus dieser kurzen Übersicht wird klar geworden sein, daß die Röntgeninterferenzmethode ein wertvolles Werkzeug für die Untersuchung der Molekularstruktur all der Gewebe liefert, in denen wir eine hochgradige Orientierung von Proteinen (Haar, Sehne, Muskel) oder von Lipoiden (Nerven) in einer Vorzugsrichtung finden. Und aus den Röntgenuntersuchungen über Proteinaggregation und Proteindenaturierung kann man wichtige Aufschlüsse erhalten, die sich unmittelbar auf unsere Vorstellungen von Strukturbildung im Protoplasma im allgemeinen anwenden lassen. Jedoch ist es vielleicht nicht unangebracht, diese Übersicht mit einer Warnung zu beschließen. Biologen erkennen immer klarer die Bedeutung der molekularen Orientierung, nicht nur im Zusammenhang mit der Funktion *erwachsener* Gewebe, sondern auch in *embryonalen* Entwicklungsprozessen [s. z. B. NEEDHAM (23)]. Kürzlich ist die Möglichkeit erwogen worden, daß die Röntgenmethode von Nutzen sein könnte, um gewisse Phänomene der Achsendetermination, z. B. die sukzessive Determination der vorn-hinten-Achse und der dorsoventral-Achse der Beinanlagen und Gehörblasenanlagen von Amphibienembryonen, aufzuklären [HARRISON (24)]. Solche Versuche, in das Geheimnis der biologischen Organisation einzudringen, kann man nur von Herzen ermutigen, und ihre Ergebnisse werden mit Spannung erwartet werden. Jedoch kann nicht stark genug betont werden, daß eine befriedigende Ausdeutung der Röntgendiagramme so verwickelter Systeme wie tierischer Gewebe und Organismen nur möglich ist, wenn man alle verfügbaren ergänzenden Daten sorgfältig mit in Betracht zieht. Polarisationsstudien seien besonders empfohlen, wegen der überaus großen Empfindlichkeit dieser Methode für die Erkennung molekularer Anordnung in mikroskopischen Objekten. Sehr wünschenswert, wenn auch nicht immer erreichbar, ist eine vollständige histologische Beschreibung aller geweblichen Bestandteile sowie die Kenntnis der ungefähren chemischen Beschaffenheit der verschiedenen Gewebe und der Zellbestandteile. Man muß sich immer vergegenwärtigen, daß besonders im Fall der Proteinstrukturen gewisse Bestandteile, die an sich nicht unmittelbares Interesse haben, zum Röntgendiagramm beitragen können und auf diese Weise die Analyse komplizieren, ja sogar zu irrtümlichen Deutungen Anlaß geben können[1].

[1] Herrn Dr. V. HAMBURGER in Saint Louis danke ich herzlich für seine Hilfe bei der Abfassung des deutschen Textes.

Literatur:

1. R. O. Herzog u. W. Janke, Festschr. Kais. Wilh.-Ges. z. Förderung d. Wiss. z. 10jähr. Jubiläum S. 118 (1921). — 2. K. H. Meyer u. H. Mark, Der Aufbau der hochpolymeren organischen Naturstoffe. Leipzig 1930. — 3. W. T. Astbury, Fundamentals of fibre structure, London 1933. — 4. O. L. Sponsler, Quart. Rev. Biol. **8**. 1 (1933). — 5. J. R. Katz, Die Röntgenspektrographie als Untersuchungsmethode. Berlin 1934. — 6. G. Boehm, Z. Biol. **91**, 203 (1931). — 7. F. O. Schmitt, R. S. Bear u. G. L. Clark, Radiology **25**, 131 (1935). — 8. G. L. Clark u. J. A. Schaad, Radiology **27**, 339 (1936). — 9. R. W. G. Wyckoff u. R. B. Corey, Science (N. Y.) **82**, 175 (1935) — Proc. Soc. exper. Biol. a. Med. **34**, 285 (1936). — 10. J. T. Edsall, J. of biol. Chem. **89**, 289 (1930). — 11. A. v. Muralt u. J. T. Edsall, J. of biol. Chem. **89**, 315 (1930). — 12. H. H. Weber, Erg. Physiol. **36**, 109 (1934). — 13. H. Mark u. H. Philipp, Naturwiss. **25**, 119 (1937). — 14. W. T. Astbury u. S. Dickinson, Nature (Lond.) **135**, 95, 765 (1935). — 15. E. Fischer, Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology, **4**, 214 (1936). — 16. A. E. Mirsky, J. gen. Physiol. **19**, 571 (1935); **20**, 455, 461 (1937) — s. auch A. E. Mirsky u. L. Pauling, Proc. nat. Acad. Sci. U. S. A. **22**, 439 (1936). — 17. G. Boehm, Kolloid-Z. **62**, 22 (1933). — 18. F. O. Schmitt, Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology **4**, 7 (1936). — 19. F. O. Schmitt, R. S. Bear u. E. Ponder, J. cellul. a. comp. Physiol. **9**, 89 (1936). — 20. G. Boehm u. H. H. Weber, Kolloid-Z. **61**, 269 (1932). — 21. W. T. Astbury, S. Dickinson u. K. Bailey, Biochemic. J. **29**, 2351 (1935). — 22. R. S. Bear, F. O. Schmitt u. J. Z. Young, Proc. roy. Soc. Lond. B (im Druck). — 23. J. Needham, „Order and Life". New Haven 1936. — 24. R. G. Harrison, Proc. nat. Acad. Sci. U. S. A. **22**, 1238 (1936).

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Ultrastrahlung und aktive Sonnenvorgänge.

Die ungepanzerten Höhenstrahlenkurven in 1430 m Höhe in der Lunzer Umgebung (Sedimentgestein, radioaktivarm) zeigten am 9. September 1937 einen äußerst auffallenden Verlauf; während die am 6. bis inkl. 8., 14. und 15. September dort festgestellten Tagesmittelwerte der relativen Intensität um etwa ± 2 % abweichen, weist der 9. September eine Erhöhung dieses Wertes um 17 % auf: ausbruchartig war an diesem Tage 16 Uhr M.E.Z. eine Intensitätserhöhung eingetreten, deren Maximalwert 65 % über dem normalen Tagesmittelwert lag. Um 22 Uhr war die Erscheinung abgeklungen, flammte aber an den folgenden Tagen unter höchst unregelmäßigem Verlauf der Tageskurven mit minderer Heftigkeit wieder auf. Das Maximum am 10. September 5.39 Uhr lag noch um 52 % erhöht. Erst am 13. September erfolgte die Tendenz zur Rückkehr normaler Werte. 26 Tage später, dem Zeitintervall der Sonnenrotation, wurde in 600 m Höhe abermals eine Intensitätsspitze am 5. Oktober festgestellt, die etwa 19 % über den Tagesmittelwerten vom 24. bis 30. August 1937 daselbst lag.

Ebensolche ausgesprochenen Intensitätsspitzen traten ebenda noch am 23. und 28. September auf. Am 9. September wurde in Zürich eine helle Wasserstofferuption, an der Jesek-Wolf-Warte in Baden bei Wien das Passieren eines großen runden Flecken durch den Zentralmeridian der Sonne beobachtet; Greenwich meldet vom 28., 29. und 30. September das Auftreten von Wasserstofferuptionen; nach Herrn Jeseks Mitteilung überschritt am 5. Oktober eine große Fleckengruppe, die etwa 115 Kerne zählte, die Sonnenmitte. Daß die Intensitätserhöhungen mit aktiven Vorgängen auf der Sonne zusammenhängen, ist äußerst wahrscheinlich, wenn auch die typischen Beobachtungstage mit mehr oder minder starken Niederschlägen verknüpft waren; inwieweit diese etwa Intensitätserhöhungen hervorrufen, soll die Fortsetzung der Versuche lehren.

Dieselben konnten dank eines Reisestipendiums der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft in Berlin und dem großen Entgegenkommen des Leiters der Biologischen Station, Herrn Prof. Ruttner, unter Überwindung mancherlei Schwierigkeiten durchgeführt werden, wobei noch besonders den Mitarbeitern des Institutes, den Herren Dr. Sauberer und Aigner, besonders gedankt sei.

Lunz a. See (Österreich), Biolog. Station, den 8. Oktober 1937. Joh. Zirkler.

Monochromatische Sonnenbeobachtungen im Lichte der Heliumlinie 5876.

Spektroheliogramme liegen von allen intensiveren Chromosphärenlinien vor mit Ausnahme der Heliumlinien. Der Grund dafür liegt in dem besonderen Verhalten der He-Linien: Im Spektrum der Chromosphäre gehören sie zu den intensivsten Linien, im normalen Sonnenspektrum dagegen fehlen sie. Ein Spektroheliogramm im Lichte einer He-Linie würde demnach zwar am Sonnenrand die Protuberanzen zeigen, auf der Sonnenscheibe dagegen würde es sich nicht unterscheiden von einem direkten Photosphärenbild. Es ist aber schon lange bekannt, daß die He-Linien (wir sprechen im folgenden nur von der intensivsten He-Linie im sichtbaren Bereich, der bekannten gelben D_3-Linie 5876) gelegentlich in der Umgebung von Sonnenflecken in eng begrenzten Gebieten für kurze Zeit sichtbar sind. Gelingt es, während dieser kurzen Zeit ein D_3-Spektroheliogramm zu erhalten, so wird sich dieses an all den Stellen von einem Photosphärenbild unterscheiden, wo die D_3-Linie sichtbar ist. Fortgesetzte Beobachtungen am Spektrohelioskop in der D_3-Linie führten im Sommer 1936 zur Entdeckung von hellen und dunklen He-Flocken[1]. Seither sind die Beobachtungen im Lichte der D_3-Linie fortgesetzt worden und haben zu folgenden Ergebnissen geführt.

Es lassen sich 3 Arten von He-Flocken unterscheiden: a) helle Flocken; sie entsprechen in $H\alpha$-Spektroheliogrammen den e_3-Eruptionen (zur Erläuterung der hier benutzten Stufenschätzung für $H\alpha$-Spektroheliogramme vgl. [2]). b) Dunkle Flocken, ohne Dopplereffekte, die in $H\alpha$-Spektroheliogrammen den Stufen b_1, e_1, e_2 entsprechen. c) Dunkle Flocken, meist mit Dopplereffekt, die bei Beobachtung in $H\alpha$ den dunklen eruptiven Flocken entsprechen.

Die Zentralintensität von D_3 läuft demnach nicht parallel mit derjenigen von $H\alpha$; bei zunehmender Intensität von $H\alpha$ nimmt diejenige von D_3 zuerst zu bis zum Wert 1 (Linie verschwindet), dann sinkt sie wieder unter 1, steigt wieder an und überschreitet schließlich den Wert 1. Diese Zuordnung gilt nur im allgemeinen; es besteht keine strenge eindeutige Beziehung zwischen den Intensitäten von $H\alpha$ und D_3; es gibt intensive dunkle He-Flocken, die bei Beobachtung in $H\alpha$ unscheinbare Gebilde sind, und umgekehrt sind sehr intensive $H\alpha$-Filamente in D_3 häufig unsichtbar.

Herrn d'Azambuja[3] in Meudon gelangen diesen Sommer monochromatische Aufnahmen mit der He-Resonanzlinie 10830; diese Aufnahmen führen zu entsprechenden Ergebnissen wie unsere visuellen Beobachtungen.

Zürich, Eidgenössische Sternwarte, den 15. Oktober 1937. M. Waldmeier.

Das Wesen der Induktion bei der Kohlensäure-Assimilation grüner Algen.

Für die sog. „Induktion" bei der Photosynthese habe ich vor kurzem eine neue Erklärung zu geben versucht[4]. Nach dieser Hypothese beruht die anfängliche Hemmung der Kohlensäureassimilation darauf, daß im Dunkeln ein Teil des Assimilationsapparates durch den Luftsauerstoff oxydiert und damit inaktiviert wird. Bei einsetzender Belichtung wird nicht nur Kohlensäure reduziert, sondern auch die Dunkeloxydation rückgängig gemacht und die Assimilations-

[1] Naturwiss. **24**, 638 (1936).
[2] Z. Astrophys. **14**, 91 (1937).
[3] Mündliche Mitteilung.
[4] Naturwiss. **25**, 460 (1937).

hemmung in wenigen Minuten beseitigt. Dieser Deutungsversuch stützte sich auf zwei Beobachtungen. In einigen Stämmen der Grünalge *Scenedesmus* ist die Photosynthese gegenüber Blausäure bedeutend weniger empfindlich als die Atmung und die Wasserstoffperoxydspaltung. Vergiftete Scenedesmus-Zellen assimilieren bei Belichtung lebhaft, obgleich Atmung und Katalasewirkung fast vollständig gehemmt sind. In diesem Zustand ist die Assimilation, und zwar nur die BLACKMANsche Reaktion, äußerst empfindlich gegen kleinste Mengen Wasserstoffperoxyd. Daraus folgt, daß bei der Photosynthese in Scenedesmus intermediär kein Wasserstoffperoxyd gebildet wird und — was hier wichtig ist — daß an der BLACKMANschen Reaktion ein Körper beteiligt ist, der leicht oxydiert werden kann und dadurch unwirksam wird[1]. Die zweite Beobachtung habe ich schon vor einiger Zeit gemacht. Entzieht man grünen Algen während einiger Stunden jede Spur Sauerstoff, so beginnt oft die Assimilation bei Belichtung in der Anaerobiose nicht nur sofort, sondern auch mit größerer Geschwindigkeit als unter normalen Bedingungen[2]. Nun müßte, wenn Sauerstoff wirklich eine hemmende Wirkung auf die Assimilation auf dem Wege der Oxydation eines Katalysators ausübt, nach einer längeren Anaerobiose (im Dunkeln) die Assimilation mit großer Geschwindigkeit beginnen, um dann unter dem Einfluß des entstehenden Assimilationssauerstoffes auf den „Normalwert" bei kontinuierlicher Belichtung abzusinken.

Ich habe die Versuche über den Einfluß der Anaerobiose mit sterilen Kulturen von *Scenedesmus* wiederholt. (*Chlorella* ist weniger geeignet, weil bei *Chlorella* fast immer der Willstätter-Stoll-Effekt, die verlängerte Induktion, in störender Weise auftritt.) Um gut gärende Zellen zu erhalten, wurden viele Kulturen mit 1,5 % Glukose angesetzt. Die Zellen in den Zuckerkulturen vermehren sich sehr schnell, verändern in wenigen Tagen ihre Gestalt in charakteristischer Weise[3] und zeigen auch nach mehrmaligem Waschen in zuckerfreien Lösungen einen respiratorischen Quotienten CO_2/O_2 von 1,4. Anaerob gären sie unter Bildung von nichtflüchtiger Säure.

Die Versuche haben, wie die Tabelle und die Figuren zeigen, in der Tat eine Umkehrung des bisher bekannten Induktionseffektes unter dem Einfluß der Anaerobiose ergeben. Fig. 1 veranschaulicht das mittlere Ergebnis aus den in Tabelle 1 aufgeführten Messungen. Fig. 2 zeigt einzelne besonders charakteristische Experimente (Nr. 4 und 5). Je reicher die Zellen an reduzierenden Substanzen sind, um so länger wird der Abfall zur „normalen" Assimilation verzögert, um so größer sind die zu beobachtenden Unterschiede zwischen der Geschwindigkeit der Assimilation unter anaeroben und derjenigen unter aeroben Bedingungen. Damit optimal sind, offenbar bestimmt durch die Lage des Gleichgewichtes zwischen Oxydation und Reduktion dieses Katalysators.

Auf die experimentellen und theoretischen Konsequenzen der vorliegenden Versuche soll hier nicht eingegangen werden. Nur folgendes sei noch erwähnt. Wenn wir an Stelle einer

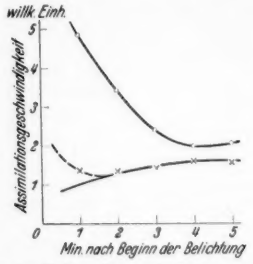


Fig. 1. Beginn der Kohlensäureassimilation von *Scenedesmus* nach einer Dunkelzeit von 3—10 Stunden. —o—o— in N_2 (5 % CO_2); —×—×— in O_2 (5 % CO_2). (Zusammenfassung der in der Tabelle enthaltenen Messungen.)

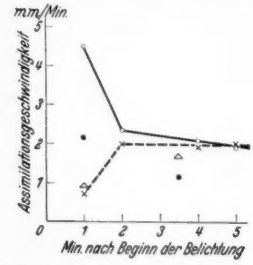


Fig. 2. Beginn der Kohlensäureassimilation von *Scenedesmus* nach einer Dunkelzeit von 3 Stunden. 0,033 ccm Zellen in 4 ccm $^m/_{100}$-$NaHCO_3$. —o—o— und • in N_2 (5 % CO_2); —×—×— und △ in O_2 (5 % CO_2). △ und • ohne Glukose, o und × mit 1,5 % Glukose gezüchtet.

Tabelle 1.

Vergleich der Änderung der Assimilationsgeschwindigkeit in den ersten Minuten der intensiven Belichtung nach einer Dunkelzeit unter anaeroben und aeroben Bedingungen. Durchschnittliche positive Druckänderungen in Millimetern pro Minute von 3—5 ccm *Scenedesmus*-Suspensionen mit 0,03—0,05 ccm Zellen im Warburg-Manometer. Suspensionsflüssigkeit: $^m/_{20}$-KH_2PO_4 oder $^m/_{100}$-$NaHCO_3$. Gase: Stickstoff bzw. Sauerstoff mit je 5proz. Kohlensäure. Einfallende Lichtintensität einer Metallfaden-Projektionslampe (ohne Wärmestrahlung): ungefähr 20000 Lux. Temperatur: 20°.

Nr.	Mit Glukose gezüchtet	Mit Glukose untersucht	Dunkelzeit in Stunden	1 Hell-Minute N_2	1 Hell-Minute O_2	2 Hell-Minuten N_2	2 Hell-Minuten O_2	3 Hell-Minuten N_2	3 Hell-Minuten O_2	4 Hell-Minuten N_2	4 Hell-Minuten O_2	5 Hell-Minuten N_2	5 Hell-Minuten O_2
1	+	—	4	2,7	0,7	2,3	0,7	1,3	0,7	0	1	1,3	1
2	+	—	4,5	2,7	1	2,3	1	1,3	1,2	1,3	1,3	2,0	1,5
3	+	—	18	3,0	1	3,0	1,0	4,0	1,3	0,7	1,3	1,0	1,4
4	—	—	3	1,5	0,5	1,5	1,5	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0
5	+	—	3	4,5	0,7	2,3	2,0	1,8	1,8	2,1	1,9	1,8	2,0
6	+	—	2,5	4,5	2,0	1,5	1,0	2,0	2,0	(2,0	2,0	2,0	2,0)
7	+	—	3	2,3	0,5	1,5	0,7	(1,0	0,7)	0,6	0,8	0,6	0,8
8	+	—	9	5,0	1,0	4,0	1,0	3,2	1,5	2,7	2,2	1,7	1,3
9	+	+	9	6,7	2,0	5,2	1,0	2,5	1,3	2,0	1,0	2,0	1,0
10	+	+	10	9,5	4,5	7,3	1,0	5,4	1,0	3,5	1,0	3,5	1,0
11	(wie 10, nur 1200 Lux)		10	1,8	0,7	1,2	0,5	1,1	0,0	2,1	0,5	2,1	0,5

scheint mir der Zusammenhang zwischen Induktion und Sauerstoffwirkung, d. h. die Existenz eines an der BLACKMANschen Reaktion beteiligten, reversibel oxydierbaren Körpers bewiesen zu sein. Die Geschwindigkeit der Assimilation bei intensiver Belichtung wird, wenn die übrigen Bedingungen dissociablen Sauerstoffbindung (vgl. Fußnote 4, Seite 715, rechte Spalte) gewöhnliche chemische Reaktionen setzen, dann verzichten wir zwar auf eine Deutung der KAUTSKYschen Fluorescenzerscheinungen[1], gewinnen aber dafür die Möglichkeit, außer den übrigen neulich aufgezählten Beobachtungen noch einige weitere zu verstehen.

[1] Biochem. Z. **292**, 241 (1937).
[2] Biochem. Z. **280**, 337 (1935).
[3] Vgl. R. CHODAT, Monograph. D'Algues en culture pure. Berne 1913.

[1] Nach VERMEULEN, WASSINK u. REMAN, Enzymologia **4**, 254 (1937), fluoreszieren nur 0,15 % aller angeregten Chlorophyllmoleküle!

SPOEHR und MCGEE[1] haben ein Steigen der Assimilation mit zunehmendem Zuckergehalt der Blätter beobachtet. Zuckerzusatz beschleunigt nach VAN DER PAAUW[2] die Photosynthese in Hormidium; Glukose ist auf die Induktion bei der Assimilation in Scenedesmus auch unter aeroben Bedingungen von Einfluß (Tabelle, Versuch 9, 10 u. 11). Diese Wirkungen können wir jetzt als eine Verschiebung des obengenannten Gleichgewichtes zugunsten von mehr reduziertem = aktivem Ferment auffassen. Anders gesehen ist dieser Katalysator ein Oxydationsmittel oder Sauerstoffüberträger. Und diese Betrachtungsweise gibt uns vielleicht den Schlüssel zur Deutung einer merkwürdigen Entdeckung von NAKAMURA[3]. Ein von NAKAMURA untersuchter Purpurbakterienstamm (Rhodobacillus palustris), der anaerob am Licht in bekannter Weise Kohlensäure mit Hilfe organischer Substanzen reduziert, zeigt an der Luft eine von der Belichtung abhängige Atmung. Die Sauerstoffaufnahme im Hellen ist *kleiner* als im Dunkeln. NAKAMURA sieht hierin einen Beweis für die Abscheidung molekularen Sauerstoffes durch assimilierende Purpurbakterien. Dies widerspricht jedoch allen von VAN NIEL, MULLER und mir gemachten Erfahrungen[4]. Angenommen aber, die „Atmung" der Purpurbakterien verliefe über einen zum Assimilationssystem gehörigen Katalysator, so wären die Beobachtungen von NAKAMURA widerspruchslos verständlich.

Berlin-Dahlem, Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie, den 18. Oktober 1937. HANS GAFFRON.

Über die Gitterkonstanten und die Raumgruppe von Durangit.

Einige Kristalle von Durangit aus dem Vorkommen von Durango in Mexiko sind zwecks Bestimmung der Struktur dieses Minerales röntgenographisch untersucht worden. Die röntgenographischen Daten wurden auf Grund von Schichtlinien und Röntgengoniometeraufnahmen um [010], [101] und [001] (nach der Aufstellung von DES CLOISEAUX) erhalten. Es sind folgende Ergebnisse zu verzeichnen:

$$a = 6{,}53 \pm 0{,}01 \text{ Å},$$
$$b = 8{,}46 \pm 0{,}01 \text{ Å},$$
$$c = 7{,}00 \pm 0{,}02 \text{ Å},$$
$$\beta = 115°,$$

Molekülanzahl in der Elementarzelle 4.

Beobachtete Reflexe: hkl nur mit $h + k = 2n$, $h0l$ nur mit $h = 2n$ und $l = 2n$, $0k0$ nur mit $k = 2n$. Nach diesen Auswahlregeln liegt die Raumgruppe C_{2h}^6 vor.

Die chemische Formel und die kristallometrischen Daten lassen eine Ähnlichkeit zwischen Durangit und Titanit vermuten. Diese Vermutung wird zunächst durch die Pseudohexagonalität um die b-Achse bei beiden Mineralien und durch dieselbe Raumsymmetrie gestützt. Weitere kristallometrische Analogien lassen sich erkennen, wenn man unter Beibehaltung der Achsen a und b als Achse c die Kante [101] (in der Aufstellung von DES CLOISEAUX) wählt. Bei dieser beim Durangit neuen Achsenaufstellung ist:

Durangit ($NaAlF[AsO_4]$):

$a = 6{,}53$ Å, $b = 8{,}46$ Å, $c = 7{,}30$ Å, $\beta = 119°22'$.

Titanit ($CaTiO[SiO_4]$):

$a = 6{,}55$ Å, $b = 8{,}70$ Å, $c = 7{,}43$ Å, $\beta = 119°43'$.

Ob diesen Ähnlichkeiten derselbe Gitterbau zugrunde liegt, wird die volle Strukturbestimmung zeigen, die jetzt im Gange ist.

Tübingen, Mineralogisch-Petrographisches Institut, den 20. Oktober 1937. P. KOKKOROS (Athen).

Konstitution der metallischen Phasen $NaZn_{13}$, KZn_{13} und KCd_{13}.

Geringe Zusätze von Alkalimetall verändern die Eigenschaften von Zink und Cadmium grundlegend, weil Verbindungen mit einem ungewöhnlichen Atomverhältnis entstehen.

Durch Extraktion natriumreicher Proben mit flüssigem Ammoniak konnte eine 2,6 Gew.-% Na enthaltende Zinklegierung in gut ausgebildeten Kristallen erhalten werden. Die Röntgenuntersuchung ergab kubische Struktur mit $a = 12{,}27$ Å (7,1 At.-% Na). In den Systemen K—Zn und K—Cd bestehen nach DEBYE-SCHERRER-Aufnahmen strukturell analoge Phasen mit $a = 12{,}36$ Å (92,3 At.-% Zn) und $a = 13{,}77$ Å (91,6 At.-% Cd).

Aus Dichten und Gitterkonstanten folgen 110,5—111,5 Atome pro Zelle. Der flächenzentrierten Translationsgruppe entsprechend (Atomzahl durch 4 teilbar) kommen 112, vielleicht auch 108 Atome in Frage. Da aber die Röntgensymmetrie O_h^* und die systematischen Auslöschungen auf die Raumgruppen T_d^5 oder O_h^6 führen, deren Punktlagen mindestens 8zählig sind, so müssen mit Rücksicht auf die analytische Zusammensetzung in der Zelle 104 Zn- (oder Cd-) Atome und 8 Alkaliatome angenommen werden. Dies entspricht den Formeln $NaZn_{13}$, KZn_{13}, KCd_{13}.

Die Struktur konnten wir völlig aufklären: Raumgruppe O_h^6; 8 Na (K) in (a), 8 Zn (Cd) in (b), 96 Zn (Cd) in (i); bei $NaZn_{13}$ ist für Lage (i) $y = 16/90$, $z = 11/90$ (Lagebezeichnungen nach den Int.-Tabellen).

In $NaZn_{13}$ ist Na umgeben von 24 Zn, Zn in (b) von 12 Zn, Zn in (i) von 10 Zn und 2 Na; entsprechendes gilt für KZn_{13} und KCd_{13}.

Eine ausführliche Mitteilung über diese Verbindungen folgt später.

Darmstadt, Institut für Anorganische und physikalische Chemie der Technischen Hochschule, den 20. Oktober 1937. E. ZINTL. W. HAUCKE.

[1] Carnegie Inst., Washington, Publ. 325 (1923).
[2] Rec. Trav. bot. néerl. 29, 585 (1932).
[3] Acta phytochim. (Tokyo) 9, 189 (1937).
[4] Vgl. VAN NIEL, Arch. Mikrobiol. 7, 324 (1936).

Besprechungen.

JEFFREYS, HAROLD, **Scientific Inference.** Re-issue with additions. Cambridge: University Press 1937. VI, 272 S. 13 cm × 21 cm. Preis geb. 10/6 sh. net.

Das Buch enthält eine Theorie der wissenschaftlichen Erkenntnis, d. h. eine Analyse und Kritik unserer Methoden, aus Beobachtungsdaten streng formulierte Aussagen abzuleiten, die wir für „wahr" halten, obgleich sie über das hinausgehen, was tatsächlich durch die Beobachtung gesichert ist. Der Verf. unternimmt es, die „Wahrscheinlichkeit" für die „Wahrheit" solcher Aussagen zu berechnen. Er gibt auf Grund einiger Axiome ein Verfahren an, das jeweils zu einer Zahl zwischen 1 und 0 führt, die als Maß der gesuchten Wahrscheinlichkeit bezeichnet wird. Es handelt sich um eine spezielle Anwendungsform der Wahrscheinlichkeitsrechnung.

Hier beginnt aber erst das Problem. Was soll uns diese Zahl? Eine statistische Deutung wird hier sinnlos und würde uns nichts nützen. Was wir wollen, ist etwas ganz anderes, nämlich das Gefühl der Befriedigung, das aus dem Vertrauen in die Wahrheit einer Aussage entspringt. Tritt dieses nun bei der Wahrscheinlichkeit 0,9 oder erst bei 0,9999 ein? Das ist von Mensch zu Mensch und von Fall zu Fall ganz verschieden. Hier versagt die Rechnung, und damit wird der Wert der Methodik zweifelhaft.

Wenn der Verf. nun gar einen „Beweis" dafür führt, daß die „einfachste" Approximationsformel für eine Beobachtungsreihe auch die wahrscheinlichste sei, dann kann der Ref. vollends nicht mehr mitmachen. Er hat das Gefühl, daß das nur noch Scholastik ist, analog den berüchtigten „Beweisen" für die Existenz Gottes. Ein religiöser Mensch, der seinen Gott erlebt hat, kann über solche Versuche nur lächeln, und ähnlich kann ein wirklicher Naturforscher sich nur zu den angebotenen Wahrheitsbeweisen stellen. Er wird dankend quittieren, wenn ihm der Verf. mitteilt, er sei auf dem richtigen Wege. Mehr Befriedigung wird ihm aber der Gedanke gewähren, daß seine Methode ihn bisher immer wieder zu glückhaften Zielen geführt hat.

Bei allen Fragen nach „Wahrheit" können wir den Menschen mit seinem Wahrheitsbedürfnis und Wirklichkeitsglauben nicht ausschalten. Nun führt die Theorie des Verf. den Menschen versteckt ein, und zwar durch die Axiome über a priori-Wahrscheinlichkeit. Es ist das aber ein Modellmensch von äußerster Gefühlsarmut, der weder dem lebendigen Menschen ähnlich ist, noch als Ideal eines Naturforschers gelten kann.

Wenn somit der Ref. der ganzen Tendenz des Buches ablehnend gegenübersteht, so muß er der Durchführung des Programmes doch seine Anerkennung aussprechen. Man muß das Buch in Ruhe genau lesen, um die Fülle der Gedanken und ihre Verarbeitung ganz zu würdigen. Wegen dieser Werte verdient es volle Beachtung. Es ist für jeden von uns von Nutzen, gelegentlich die Problematik seines Strebens zu überdenken. Dafür findet er hier reiche Anregung. Je mehr er sich aber mit dem Verf. in Gedanken streitet, um so mehr wird er Gewinn aus seinem Studium ziehen.

Inhaltlich gliedert sich das Buch in 1. ein Einführungskapitel, 2. ein Kapitel über Axiome und Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung, 3. eines über die Frage, was uns eine Stichprobe (als Typus einer prinzipiell unzureichenden Beobachtung) lehren kann; sodann 4. bis 7. Kapitel über quantitative Gesetze, Fehler, physikalische Größen und Meßverfahren. Dann folgen zur Illustration 8. und 9. Kapitel über Newtonsche Mechanik sowie über Licht und Relativität. 10. und 11. sind Kapitel über verschiedene Fragen und Ansichten anderer Autoren.

E. Madelung, Frankfurt a. M.

SCHEIDT, W., **Grundlagen einer neurologischen Psychologie.** Jena: G. Fischer 1937. VIII, 256 S. und 43 Abbild. 17 cm × 25 cm. Preis brosch. RM 12.—, geb. RM 13.50.

Man wird sich natürlich in erster Linie fragen, was unter „neurologischer Psychologie" verstanden sein soll. Der Verf. gibt darauf insofern eine Antwort, als er in der Einleitung zu seinem Werke sagt, daß er sich darunter ein Lehrgebäude vorstellt, durch welches die seelischen Erscheinungen „vollständig und befriedigend aus den Funktionen des Nervensystems" erklärt werden. Natürlich ist es ihm klar, daß ein solches Lehrgebäude auf Grund der bisherigen wissenschaftlichen Untersuchungsergebnisse noch nicht erstellt werden kann. Deswegen macht er zuerst den Versuch, diese neurologische Psychologie zu begründen, und zwar unter der sog. „synallaktischen Betrachtungsweise" aller einschlägigen Probleme und Fragen.

Alle Zustandsänderungen in der lebendigen Substanz gleichen sich nach seinen Entwicklungen über stoffliche Verbindungen aus. Das soll so viel besagen, daß überall Zusammenhänge in der lebenden Substanz gegeben sind, zum großen Teil durch unmittelbare Berührung. Dabei kann eine Zelle auf die andere, ein Zellkomplex auf den anderen durch solche stofflichen Verbindungen wirken. Will man das gesamte Geschehen in den Zellmassen, z. B. des Zentralnervensystems, erfassen und erkennen, so genügt es noch nicht, einzelne Teile herauszugreifen. Man muß vielmehr danach trachten, die gesamten Zusammenhänge zu erfassen.

Der Begriff „synallaktisch" ist der griechischen Sprache entnommen. Er ist aus dem Wort *ἡ συναλλαγή* abgeleitet, das „gegenseitige Verbindung" bedeutet. Bei dieser Art von Betrachtungsweise handelt es sich im Prinzip um eine *ganzheitliche*, die ja bekanntlich in der neueren Psychologie eine sehr große Rolle spielt und immer weiter auf die Vorgänge in der Biologie übergreift. Doch zeichnet sich seine synallaktische Betrachtungsweise sehr vorteilhaft gegenüber der ganzheitlichen aus, indem hier die chemischen, physikalisch-chemischen und physikalischen Vorgänge in Zellen und Zellsystemen weitgehend Berücksichtigung finden. Das ist bisher bei der einfachen ganzheitlichen Betrachtungsweise der Psychologie nur in geringem Ausmaße der Fall.

Unter diesem synallaktischen Gesichtspunkte behandelt Verf. zuerst den Aufbau und die Funktion des Zentralnervensystems. Es wird hier vor allem darauf hingewiesen, in welcher Weise zwei Ganglienzellen aufeinander einzuwirken vermögen. Zugrunde gelegt sind die fibrillären Verbindungen zwischen den Ganglienzellen, die vielfach als Leitersysteme im physikalischen Sinne gedeutet und behandelt werden. In gleicher Weise werden dann die Zusammenhänge der Ganglienzellen des Zentralnervensystems mit den peripher gelegenen Organen bearbeitet.

In einem 2. Abschnitt werden die verschiedenen Sinnesreize und ihre Wirkung besprochen. Verf. geht dabei von der Ansicht aus, daß *spezifische* Sinnesreize von sog. *spezifizierten* und *modifizierten* gesondert werden müssen. Unter *spezifischen* Sinnesreizen werden diejenigen verstanden, die für die Schaffung von Erregungszuständen im Gebiete des *Gesichts-* und *Gehörsinnes* bedeutungsvoll sind. Er weist darauf hin, daß ein wesentlicher Teil der Leistungen dieser Sinnesorgane schon in der Art und Weise besteht, wie das periphere Sinnesfeld vom Reize getroffen werden kann, vor allem unter Vermittlung einer ganzen Anzahl für die Leistungen unumgänglich notwendiger Vorbauten.

Unter *spezifizierten* Sinnesreizen versteht Verf. diejenigen, die für die Erregung des *Geruchs-* und *Geschmackssinneswerkzeuges* wichtig sind. Hier spielt der Stoff, der den Reiz auslöst, wahrscheinlich nicht mehr die Rolle einer Energiequelle, sondern vielmehr eines Verteilungsmittels für Energie. Natürlich muß man sich darüber klar sein, daß auf den peripheren Sinnesfeldern dieser beiden Sinneswerkzeuge sehr wohl chemische Prozesse durch die Reizsubstanzen eingeleitet werden können, bei denen Energie frei wird, die zur Erregung der Empfänger und Nerven ausschlaggebend ist.

Unter *modifizierten* Sinnesreizen werden von dem Verf. vor allem mechanische Deformierungen und das Wärmegefälle verstanden, Reizvorgänge, die beim *Druck-*, *Temperatur-*, gegebenenfalls auch beim *Schmerzsinn* eine Rolle spielen. Es werden also durch die Annahme von spezifischen, spezifizierten und modifizierten Reizen die Leistungen sämtlicher Sinneswerkzeuge einer genauen Betrachtung unterworfen.

Verf. bleibt dabei allerdings nicht stehen. Er geht auch auf die *motorischen* und *vegetativen* Funktionen im menschlichen und tierischen Organismus ein und bringt sie unter den Gesichtspunkt seiner Arbeitshypothese. Dadurch wird aber das Werk in ganz neue Bahnen geleitet. Es handelt sich dann nicht mehr um eine Psychologie unter *normalen* Verhältnissen, sondern auch um eine solche bei *krankhaften* Vorgängen. In ganz besonderer Weise beschäftigt er sich z. B. mit der Steuerung des Muskeltonus, der bekanntlich bei einer ganzen Anzahl von Krankheiten eine schwere Veränderung erfährt. Interessant sind auch seine Erörterungen über die Prinzipien der vegetativen Funktion, wobei das sympathische Nervensystem genau so berücksichtigt wird wie das parasympathische. Auch wird den Leistungen dieser beiden Anteile des vegetativen Nervensystems das periphere, sog. murale System gegenübergestellt.

Das Werk, von dem man einen gewissen Eindruck schon aus der gegebenen kurzen Inhaltsübersicht bekommen kann, ist insofern als eigenartig zu bezeichnen, als hier eine neue Arbeitshypothese eingeführt und nach den verschiedensten Richtungen bei biologischen Vor-

gängen ausgewertet wird. Besonders hervorzuheben ist, daß der Verf. sich in geschickter Weise mit Problemen auseinandersetzt, die seinem eigentlichen Fache (der Rassenforschung) etwas ferner stehen. Er zeigt aber, daß er durchaus in der Lage ist, seinen Anschauungen die besten Grundlagen zu geben. Das geht unzweifelhaft aus der Tatsache hervor, daß er sich in die einschlägige Materie auf das gründlichste eingearbeitet hat. Der Hauptwert des Buches ist allerdings nicht in den Theorien zu erblicken, sondern vielmehr in den Anregungen, die man beim Lesen empfängt. Es ist sicher als ein Gewinn zu betrachten, daß man dieses oft behandelte Gebiet in einer etwas anderen als in der üblichen Weise dargestellt bekommt.

E. v. Skramlik, Jena.

STUMPFF, KARL, **Grundlagen und Methoden der Periodenforschung.** Berlin: Julius Springer 1937. VII, 332 S. und 41 Abbild. 16 cm × 24 cm. Preis RM 39.—, geb. RM 42.—.

Die Periodenforschung hat die Aufgabe, im zeitlichen Verlauf astrophysikalischer, geophysikalischer, meteorologischer, biologischer und anderer Erscheinungen nach periodischen Anteilen zu suchen. Für die mathematische Analysis scheint hier kein Problem vorzuliegen. Denn jede Funktion läßt sich — unter Bedingungen, die bei Beobachtungen in einem endlichen Zeitabschnitt wohl ausnahmslos erfüllt sind — mit beliebiger Genauigkeit darstellen als Summe von Sinuswellen verschiedener Frequenz, Amplitude und Phase; diese Darstellung ist sogar auf unendlich viele Arten möglich, auch wenn die Entwicklung nach anderen periodischen Funktionen als Sinuswellen verlangt wird. Jeder einzelnen periodischen Teilwelle einer solchen Entwicklung kommt infolgedessen nur formale Bedeutung zu. Der tägliche Temperaturgang in Berlin, mit großer Amplitude im Sommer und kleiner im Winter, läßt sich z. B. in recht guter Näherung darstellen als Summe dreier Sinuswellen mit den Frequenzen (im Jahr) 364, 365 (sonnentägige Periode) und 366 (sterntägige Periode); niemand wird aber aus der rechnerischen Existenz der letzten dieser drei Wellen auf die physikalische Realität eines sternzeitlichen Einflusses auf die Lufttemperatur schließen.

Leider ist diese formale Natur der Fourier-Analyse nur allzuoft übersehen worden. Es wimmelt deshalb von trügerischen Entdeckungen aller möglichen Perioden und Zyklen in meteorologischen Erscheinungen, in der Erdbebenhäufigkeit, in biologischen Erscheinungen, in Konjunktur-Indizes usw. Gesundes Mißtrauen gegen Periodensucherei war die Folge.

Das grundlegende Kriterium, mit dessen Hilfe hier die Spreu vom Weizen zu sondern gelang, entstammt der Statistik. Man erkennt eine wirklich periodische Erscheinung an der auffallend häufigen Wiederkehr. Diese Häufigkeitsbetrachtung weist auf wahrscheinlichkeitstheoretische Methoden hin, die den Unterschied zwischen dem Zufall in seinen verschiedenen Erscheinungsformen und der Regelmäßigkeit zu erfassen gestatten, so klein der regelmäßige Anteil auch sein mag. Das Periodogramm, die Expektanz autokorrelierter Beobachtungsreihen, Punktwolken in der Periodenuhr, Irrfahrt, Persistenz und Quasi-Persistenz, äquivalente Anzahl der Sequenzen und verwandte Begriffe haben sich bei der Bearbeitung geophysikalischer (namentlich erdmagnetischer) und kosmischer Erscheinungen als zweckmäßig ergeben; ökonomische Arbeitsmethoden für die Bewältigung ausgedehnter Beobachtungsreihen sind erprobt worden.

K. Stumpff leitet das 1934 gegründete „Institut für Periodenforschung", das dem Meteorologischen Institut der Universität Berlin angegliedert ist, und hat an der angedeuteten Entwicklung maßgeblich mitgewirkt. Das vorliegende Lehrbuch behandelt einleitend Reihenentwicklung und näherungsweise Darstellung empirischer Funktionen, sowie die Praxis der harmonischen Analyse und Synthese. Der Hauptteil des Buches ist dem Periodogramm und der statistischen Behandlung von Perioden-Problemen gewidmet. Anderen analytischen Methoden der Periodenforschung, die den statistischen Kern der Aufgabe nicht berühren, sind mit Recht nur 30 Seiten eingeräumt. Ausführlich werden die technischen Hilfsmittel besprochen, auch das Lochkartenverfahren. Unter den physikalischen Hilfsmitteln wird der vom Verfasser konstruierte photomechanische Periodograph und seine aussichtsreichen Ausbaumöglichkeiten geschildert.

Ein weiter Kreis von Naturwissenschaftlern wird mehr oder weniger oft an die Probleme herangeführt, denen das Buch gewidmet ist. Den Bedürfnissen und Vorkenntnissen dieser Leser kommt das Buch durch ausführliche und klare Darstellung entgegen. Die mathematischen Ableitungen werden allenthalben durch längere Erörterungen grundsätzlicher Fragen aufgelockert. Das Studium von Einzelfragen wird durch ein sorgfältig ausgewähltes Literaturverzeichnis von 319 Nummern erleichtert. Eine ergänzende „Sammlung von Hilfstafeln, Formeln und Aufgaben der Periodenforschung" wird in Aussicht gestellt.

Mit seinem Lehrbuch — dem einzigen seiner Art — hat der Verfasser eine empfindliche Lücke geschlossen. Es ist zu hoffen, daß das Buch viele Leser findet, die als Praktiker die dargebotenen Methoden verarbeiten oder als Theoretiker die Anregungen zu weiterem Ausbau aufnehmen und damit unsere Kenntnis der Morphologie geophysikalischer und verwandter Zeitfunktionen erweitern.

J. Bartels, Potsdam.

BRÜCKNER, HERMANN, **Die Biochemie des Tabaks und der Tabakverarbeitung mit besonderer Berücksichtigung der chemischen Qualitätsbestimmung.** Zugleich ein Beispiel der natürlichen Veränderung und methodischen Untersuchung pflanzlicher Genuß-, Heil- und Futtermittel bei ihrer Gewinnung, Verarbeitung und Aufbewahrung. Berlin: Paul Parey 1936. XII, 446 S. und 33 Abbild. 16 cm × 23 cm. Preis geb. RM 19.80.

Seit Erscheinen des Handbuches der Tabakkunde von Kissling (1925) ist das vorliegende Werk die erste Zusammenstellung der modernen Untersuchungen über die Biochemie des Tabaks. Verf. hat damit eine dankenswerte Arbeit geleistet und allen Tabakfabrikanten und Tabakforschern ein wertvolles Hilfsmittel an die Hand gegeben, denn an vielen Stellen der Erde werden fortlaufend Untersuchungen über die Biochemie des Tabaks ausgeführt, und die darüber berichtenden Veröffentlichungen erscheinen zum größten Teil nicht in den allgemein bekannten Zeitschriften, sondern oft in besonderen Berichten der betreffenden Institute, die ohne weiteres nicht jedem zugänglich sind. Auch die bisher nicht publizierten Forschungen, die der Verf. in den Jahren 1927—1935 im wissenschaftlichen Laboratorium des Hauses Neuerburg ausgeführt hat, sind mit aufgenommen.

Verf. berichtet über die bisher bekannten Inhaltsstoffe des Tabaks, ihre Veränderung während der Entwicklung der Pflanze, der Trocknung, Fermentation und Lagerung des Tabaks sowie über ihre Bedeutung für die Qualität des Tabaks. Das 1. Kapitel ist den Kohlehydraten gewidmet, aus denen fast die Hälfte der organischen Substanz der fermentierten Zigarettentabake besteht. Verf. gliedert die Kohlehydrate nach ihrer Widerstandsfähigkeit gegenüber verschiedenen

Lösungsmitteln in 4 Gruppen: Reservekohlehydrate, die die einfachen und zusammengesetzten Zucker, Dextrine und Stärke umfassen, Hemizellulosen, deren Hauptvertreter Pektine und Pentosane sind, Zellulose und Lignin. Von den einfachen Zuckern sind Fruktose und Glucose im Tabak nachgewiesen, auf Vorhandensein von Rohrzucker und Maltose wurde durch indirekte Analyse geschlossen. Von verschiedenen Forschern wurde ein Zunehmen des Zuckergehaltes von den unteren nach den oberen Blattetagen der Pflanze, die den qualitativ besseren Tabak liefern, festgestellt. Während der Tabaktrocknung und Fermentation wird ein großer Teil der Kohlehydrate fermentativ abgebaut. Der Einfluß der Kohlehydrate auf die Qualität des Tabaks ändert sich mit der Löslichkeit und der Polymerität. Während alle Fraktionen der Reservekohlehydrate qualitätsfördernd wirken, am stärksten die Hexosen, am geringsten die Stärke, verschlechtern die mittleren und höheren Entwicklungsstufen (Intersaccharane) die Qualität um so mehr, je mehr sie sich bei abnehmender Löslichkeit ihrem hochpolymeren Endzustand nähern. — Im 2. Kapitel „Stickstoffkörper" gibt Verf. einen Überblick über die Untersuchungen des Eiweißauf- und -abbaues im Tabak und seine Bedeutung, sowie über die Biogenese des Nikotins, seine Verteilung in der Pflanze, die Veränderung des Nikotingehaltes während der Entwicklung der Pflanze und Tabakverarbeitung und den Einfluß des Nikotins auf die Qualität des Tabaks. Auch die Frage der künstlichen Entnikotinisierung und die Nebenalkaloide werden behandelt. Die Qualität des Tabaks erwies sich als umgekehrt proportional dem Gehalt an Gesamt-, Eiweiß- und Ammoniak-N. Während Eiweiß bei der trockenen Destillation widerlich riechende Rauchprodukte liefert, gestaltet Ammoniak nur durch Verschiebung der Acidität den Rauchgeschmack strenger und schärfer. Die Aminosäuren und die Säureamide scheinen weniger qualitätsverschlechternd zu wirken. Der Grund dafür, daß die oberen Blätter einer Tabakpflanze trotz höheren Stickstoffgehaltes qualitativ besser sind als die unteren, ist darin zu suchen, daß für den höheren Stickstoffgehalt ein höherer Säuregrad ausgleichend eintritt. Die Stärke einer Zigarre ist im allgemeinen eine Funktion ihres Nikotingehaltes, der Einfluß des Nikotins auf die Qualität ist jedoch abhängig von der quantitativen chemischen Zusammensetzung des Tabaks. — Im 3. Kapitel werden die organischen Säuren behandelt. Im Tabak nachgewiesen sind: Ameisen-, Essig-, Oxal-, Bernstein-, Fumar-, Äpfel-, Zitronen-, Chlorogen-, China- und Kaffeesäure. Ausgesprochen qualitätsfördernd wirkt die in jungen wachsenden Blättern vorwiegend vorhandene Oxalsäure, während die in den älteren Blättern in größeren Mengen vorkommenden Oxysäuren, Zitronen- und Äpfelsäure, als qualitätsverschlechternd angesehen werden müssen. Wichtig für die Güte des Tabaks ist der Säuregrad und die Pufferung des Tabaks. Aus den im 4. Kapitel zusammengestellten Untersuchungen darüber folgt, daß sowohl in Rohtabaken wie in Tabakmischungen die Qualität mit dem Säuregrad steigt. — Die im grünen Tabak nachgewiesenen Farbstoffe, Chlorophyll, Karotin, Xanthophyll und Rutin werden während der Tabaktrocknung und Fermentation verändert, das Chlorophyll soll in fermentiertem Tabak vollkommen verschwunden sein; durch wohl vorwiegend oxydative Veränderungen der anderen Farbstoffe wird die gelbe bis braune Farbe des Tabaks erzeugt. Von den im Tabak vorhandenen gerbstoffartigen Stoffen (Polyphenolen), die noch verhältnismäßig wenig untersucht sind, sind Chlorogensäure und Rutin nachgewiesen. Die Höhe des Gerbstoffgehaltes im Tabak steigt mit dem Zuckergehalt, und wie die Zucker wirken auch die Polyphenole günstig auf die Tabakqualität. Die ätherischen Öle und Harze, die Aromastoffe des Tabaks, beeinflussen die Qualität des Tabaks nicht nur durch ihre Rauchprodukte, sondern auch durch den spezifischen Geruch, den sie dem fermentierten Material verleihen. Die Untersuchungen über diese Tabakinhaltsstoffe haben bisher noch wenig Klärung gebracht. Sicher ist nur, daß die Qualität des Tabakes mit steigendem Gehalt an ätherischen Ölen steigt und daß auch die Tabakharze die Qualität in günstigem Sinne beeinflussen. — Die Mineralstoffe im Tabak haben die wichtige Aufgabe, als Katalysatoren den Verglimmungsvorgang zu regulieren, indem sie die Flammenbildung und damit die vollständige Überführung der organischen Substanzen in Kohlensäure verhindern. Sie bewirken, daß durch die in der Glimmzone sich abspielenden Prozesse ein Teil der organischen Substanzen des Tabaks unverändert in den Rauch übergeht, ein Teil in Form von Zersetzungsprodukten. Es kommt also sehr auf das Verhältnis von organischen Substanzen zu Aschenbestandteilen an. Wesentlich ist auch die Form der Mineralstoffe; während z. B. Zugabe von Kochsalz die Qualität verschlechtert, verfeinern organische Salze die Rauchqualität. Wie die organischen Stoffe während der ganzen Entwicklung der Tabakpflanze einer ständigen Umwandlung unterworfen sind, so ändert sich auch der Gehalt an den Mineralstoffen fortwährend. Im frühesten Entwicklungsstadium der Pflanze ist der Aschengehalt am größten, er erreicht ein Minimum zur Zeit der Blüte und nimmt dann allmählich zu, ohne aber die ursprüngliche Höhe wieder zu erreichen. Der Gehalt an den einzelnen Aschenbestandteilen ändert sich dabei in verschiedener Weise. So vermindert sich beispielsweise der Kaliumgehalt, der bei Auspflanzung fast 60% der Gesamtasche beträgt, mit zunehmender Reife stark, während die sekundären Nährstoffe Calcium und Magnesium eine bedeutende, Natrium eine geringere relative Zunahme erfahren. Der Aschengehalt ist stark abhängig von den Kulturbedingungen und der Witterung. Zahlreiche Untersuchungen ergaben, daß die Qualität des Tabaks umgekehrt proportional ist seinem Gehalt an Gesamtasche, Kalium und Nitrat. — Im letzten Kapitel des Hauptteils „Die chemische Qualitätsbestimmung des Tabaks" behandelt Verf. zusammenfassend den Zusammenhang zwischen den chemischen Inhaltsstoffen des Tabaks und den Eigenschaften des Rauches, sowie die Veränderung der chemischen Zusammensetzung des Tabaks (und damit der Eigenschaften des Rauches) im Verlauf der Fabrikation und Lagerung. — In einem Anhang sind Methoden zur Untersuchung des Tabaks angegeben. Sie umfassen die Bestimmungen der Kohlehydrate, der Stickstoffkörper, insbesondere des Nikotins, der organischen Säuren, der Wasserstoffionenkonzentration, der Polyphenole, der ätherischen Öle und Harze, sowie der Mineralstoffe. Nützlich wäre hier die Anführung einiger vielleicht weniger bekannten, aber bequemen Methoden, die besonders für Massenbestimmungen geeignet sind, wie die Zuckerbestimmung nach LEHMANN-MAQUENNE und die Fällung von Furfurol mit Dinitrophenylhydrazin, sowie eine Beschreibung der Methoden zur Prüfung auf die Tabakfermente, auf deren Wichtigkeit der Verf. im Hauptteil seines Buches hinweist.

Das vorzügliche Buch wird allen speziell am Tabak Interessierten wertvolle Anregungen bieten und besonders in seinem praktischen Teil jedem Biochemiker ein gutes Hilfsmittel sein. M. KOBEL, Berlin-Lichterfelde.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: FRITZ SÜFFERT, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.

Stereoskopbilder von Kristallgittern

Von

M. von Laue und **R. von Mises**, Berlin

Unter Mitarbeit von Cl. von Simson und E. Verständig herausgegeben

Deutscher und englischer Text (Stereoscopic drawings of crystal structures)

I. Teil. Mit 24 Tafeln und 3 Textfiguren. 43 Seiten. 1926. In Mappe RM 16.20

Von den stereoskopischen Bildtafeln geben die ersten 14 die Bravaisschen Gittertypen und die 15. die hexagonale dichteste Kugelpackung wieder, während die letzten 9 röntgenographisch ermittelte Strukturtypen von Kristallen einfachster Bauart darstellen. (Steinsalz-, Caesiumchlorid-, Zinkblende-Diamant-, weißes Zinn-, Wurtzit-, Flußspat-, Cuprit-, Cadmiumjodid-Typus.) — Die Bilder sind vorzüglich, und ganz besonders ist der Begleittext rühmend hervorzuheben, der bei aller Knappheit es versteht, eine Fülle wertvoller Angaben in vorbildlicher Klarheit zu bringen. So stellt das Werk ein ausgezeichnetes, bequemes Hilfsmittel dar, um auch ohne kostspielige und viel Platz erfordernde räumliche Modelle ein anschauliches Bild der Kristallstrukturen zu gewinnen . . . *„Zentralblatt für Mineralogie"*

II. Teil. Mit 24 Tafeln. 56 Seiten. 1936. In Mappe RM 18.—

Das Heft enthält die räumliche Darstellung von Kristallstrukturen einiger Elemente sowie einer Reihe von Verbindungen, die zwei oder drei verschiedene Atomarten enthalten. Da die meisten dieser Strukturen wesentlich komplizierter als die im ersten Heft dargestellten sind, mußte den Tafeln eine ausführlichere Beschreibung beigefügt werden. — Der Beschreibung jeder Tafel sind die wichtigsten Strukturdaten vorangestellt. Die Kristallklassen sind nach der Nomenklatur von Niggli angegeben. Die Bezeichnung der Typen ist dem „Strukturbericht" von Ewald und Hermann entnommen. — Während der 1926 erschienene erste Teil die Stereoskopbilder von 24 einfach gebauten Gittern brachte, enthält der vorliegende zweite Teil verwickeltere Strukturen. So finden wir unter anderem als Übergangstypen zwischen der metallischen Bindung und der Valenzbindung das Arsen- und Selengitter, weiter die Koordinationsgitter von Rutil, Anatas und β-Cristobalit, den Übergangsfall zwischen Ionen-Koordinationsgitter und Valenzgitter des β-Quarzes, die Molekelgitter von CO_2 und SnJ_4, die Schichtengitter von PbO und MoS_2 und einige Komplexionengitter, daneben Gitter wie β-Wolfram und Kalomel, deren Bauprinzip nicht so einfach zu übersehen ist. Die Tafeln geben die Atomlagen an und einige die Übersicht erleichternde Verbindungslinien. Der von der Genauigkeit sehr empfindlich abhängende stereoskopische Eindruck zeigt, wie sorgfältig die Zeichnungen sind. Der in deutscher und englischer Sprache gedruckte Text gibt zu jedem dargestellten Gitter die wichtigsten Daten und ausführliche Hinweise für die Betrachtung. So ist auch dieser zweite Teil ein wertvolles Hilfsmittel für den Mineralogen oder Physiker, sich die Kristallstrukturen anschaulich zu machen und in ihre Züge einzudringen. *„Die Naturwissenschaften"*

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

C. H. F. MÜLLER A.G., RÖNTGENWERK
Abt. Materialuntersuchung
BERLIN NW 40. HINDERSINSTR. 14

Kristallplastizität

mit besonderer Berücksichtigung der Metalle

Von

Prof. Dr. **E. Schmid** Freiburg/Schweiz und Dr.-Ing. **W. Boas** Freiburg/Schweiz

(Struktur und Eigenschaften der Materie, Band XVII)

Mit 222 Abbildungen. X, 373 Seiten. 1935. RM 32.—; gebunden RM 33.80

Inhaltsübersicht:

Einleitung. — Kristall und amorpher Körper. — Allgemeiner Teil. **I. Einige kristallographische Grundtatsachen. — II. Kristallelastizität. — III. Herstellung von Kristallen. IV. Orientierungsbestimmung von Kristallen. V. Geometrie der Kristall-Deformationsmechanismen.** — Spezielle Versuchsergebnisse. **VI. Plastizität und Festigkeit von Metallkristallen. — VII. Plastizität und Festigkeit von Ionenkristallen.** — Deutung des Verhaltens von Einzelkristallen und Kristallhaufwerken. **VIII. Theorien der Kristallplastizität und -festigkeit. — IX. Deutung der Eigenschaften vielkristalliner technischer Werkstücke auf Grund des Einkristallverhaltens.** — Anhang. — Literatur- und Sachverzeichnis.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

Sämtliche in diesem Heft besprochenen oder angezeigten Bücher sind durch alle Buchhandlungen zu beziehen.

Für den Textteil verantwortlich: Fritz Süffert in Berlin W 9; für den Anzeigenteil: Albert Meyer in Berlin-Steglitz, Kühlebornweg 5.
DA. III. Vj. 3100. — Pl. 4. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig. — Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Printed in Germany.